

## Resum

El vehicle elèctric ha patit un creixement exponencial en el seu desenvolupament en la darrera dècada. Aquesta expansió s'ha vist impulsada degut a la creixent insostenibilitat, mediambientalment parlant, del sector dels transports.

És en aquest context on neix Scutum Logistic, empresa que sorgeix de la voluntat de transformar la mobilitat urbana, apropant-la a la sostenibilitat.

A dia d'avui el vehicle insígnia de la marca és la motocicleta elèctrica S02, un vehicle destinat a substituir les motocicletes de combustió interna de les flotes de les empreses. Aquest, però, és un projecte jove. I com a tal sempre té aspectes a millorar.

Aquesta treball, doncs, té l'objectiu d'analitzar alguns dels components de més importància del vehicle en qüestió: el motor i el controlador, amb la intenció de fer-ne una aproximació a la seva caracterització tèrmica a través de càlculs teòrics i proves reals de carrer.

Amb els resultats d'aquestes proves s'ha pogut determinar quins elements presentaven més restriccions, essent el més restrictiu la bateria (element que s'ha trobat fora de l'abast del projecte). S'han proposat solucions de fàcil implantació per al motor i el controlador. Aquestes s'han validat de forma teòrica i, alguna d'elles, de forma pràctica, resultant ser el controlador un element que no pateix de problemes tèrmics, mentre el motor tan sols pateix quan se li dóna un ús al vehicle per al qual no ha estat concebut.

Les condicions de partida del treball apuntaven a l'estudi d'elements que han resultat no ser crítics en aquest cas. És per això que amb aquest treball s'ha arribat a la conclusió que l'element més restrictiu en el vehicle estudiat, tenint en compte que totes les proves s'han realitzat a l'hivern, és precisament, l'element no estudiat: la bateria.



## Sumari

<b>RESUM</b>	<b>1</b>
<b>SUMARI</b>	<b>3</b>
<b>1. GLOSSARI</b>	<b>5</b>
<b>2. ORIGEN DEL PROJECTE</b>	<b>9</b>
<b>3. INTRODUCCIÓ</b>	<b>11</b>
3.1. Objectius del projecte.....	11
3.2. Abast del projecte.....	11
<b>4. ESTAT DE L'ART EN LA EVOLUCIÓ VEHICLE ELÈCTRIC</b>	<b>12</b>
4.1. Ajudes i incentius.....	12
4.2. Tecnologia.....	15
4.2.1. Bateries.....	15
4.2.2. Connectivitat.....	17
4.3. Punts de connexió.....	17
4.4. Conscienciació de la gent.....	19
4.5. Competència – Marques.....	20
4.6. El vehicle elèctric i el medi ambient.....	24
<b>5. SCUTUM LOGISTIC S.L.</b>	<b>26</b>
<b>6. PARTS A ESTUDIAR</b>	<b>31</b>
6.1. Controlador.....	31
6.2. Motor.....	34
6.3. Bateria.....	36
<b>7. METODOLOGIA D'ASSAIG</b>	<b>41</b>
<b>8. RESULTATS OBTINGUTS</b>	<b>45</b>
8.1. Límits dels components.....	45
8.2. Proves al banc.....	46
8.3. Proves en ciutat.....	46
8.4. Proves en autopista.....	48
8.5. Conclusions.....	53
<b>9. SOLUCIONS PROPOSADES</b>	<b>54</b>
9.1. Motor.....	54

9.2. Controlador.....	55
9.3. Bateria .....	58
<b>10. RESULTATS OBTINGUTS AMB LES SOLUCIONS PROPOSADES</b> __	<b>59</b>
10.1. Motor.....	59
10.1.1. Càlculs teòrics .....	59
10.1.2. Proves realitzades amb la solució integrada .....	65
10.2. Controlador.....	72
<b>CONCLUSIONS</b> _____	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> _____	<b>77</b>
Bibliografia complementària .....	77
<b>ANNEXOS</b> _____	<b>79</b>
Ajudes al vehicle elèctric.....	79
Resultats de les proves .....	83
Resultats de diferents proves realitzades al banc de proves .....	83
Resultats de diferents proves de ciutat .....	85
Resultats diferents proves d'alta intensitat.....	90
Plànols de les peces dissenyades .....	94
Càlculs de calor detallats .....	97
MOTOR.....	97
CONTROLADOR .....	102
Organització temporal del treball .....	103
Pressupost econòmic del projecte .....	104

# 1. Glossari

## CARÀCTERS LLATINS

A	Àrea de la superfície de transferència, m <sup>2</sup>
D	Diàmetre, m
h	Coeficient de transferència de calor superficial, W/Km <sup>2</sup>
N	Nombre d'aletes
P	Perímetre de la superfície de transferència, m
q	Potència tèrmica, W
T	Temperatura, °C ó K
T <sub>infinít</sub>	Temperatura del fluid no pertorbat, °C ó K
U	Velocitat, km/h o m/s

## CARÀCTERS GRECS

$\eta$	Eficiència de les aletes
$\lambda$	Conductivitat tèrmica, W/Km
$\pi$	3,14159...

## FUNCIONS

tanh	Tangent hiperbòlica
------	---------------------

## EQUACIONS

Equació 1. Resistència sense aletes .....	60
Equació 2. Resistència amb aletes .....	60
Equació 3. Millora percentual de la resistència amb aletes .....	63
Equació 4. Equació de la transferència de calor .....	64
Equació 5. Resistència del controlador sense aletes .....	72
Equació 6. Resistència del controlador amb aletes .....	72
Equació 7. Resultat resistència del controlador sense aletes .....	73
Equació 8. Resultat resistència del controlador amb aletes .....	73
Equació 9. Coeficient de convecció intern corresponent a aire en repòs .....	98
Equació 10. Àrea a la base de les aletes .....	98
Equació 11. Àrea primària de les aletes .....	98
Equació 12. Àrea total d'una aleta .....	98
Equació 13. Àrea total de les aletes .....	98
Equació 14. Longitud corregida per a aletes amb convecció a l'extrem .....	98
Equació 15. Coeficient de convecció a l'infinit .....	99
Equació 16. Coeficient m per al càlcul de l'eficiència .....	100
Equació 17. Eficiència de les aletes .....	100
Equació 18. Resistència per al controlador sense aletes .....	102
Equació 19. Resistència per al controlador amb aletes .....	102

## TAULES

Taula 1. Ajudes a la compra de vehicles .....	12
Taula 2. Instal·lació de punts de recàrrega .....	13
Taula 3. Polítiques de promoció i suport municipal .....	13
Taula 4. Altres tipus d'ajuts. ....	14
Taula 5: Comparació entre tipus de bateries .....	16
Taula 6: Paràmetres estàndard en els controladors Sevcon Gen4.....	33
Taula 7. Relació energia de les bateries - autonomia vehicle.....	38
Taula 8. Especificacions de les bateris de Cegasa .....	40
Taula 9. coeficient de convecció en funció de la velocitat.....	61
Taula 10. Valors resistència tèrmica sense altes, en funció de h.....	62
Taula 11. Valors resistència tèrmica amb aletes en funció de h .....	62
Taula 12. Coeficient de convecció segon la velocitat.....	99
Taula 13. Coeficient m en funció de u .....	100
Taula 14. Eficiència aletes en funció de la velocitat. ....	101





## 2. Origen del projecte

Com tota empresa que vol ser competitiva Scutum manté un procés de millora constant per als seus vehicles. En aquest sentit sempre s'està treballant per fer que els vehicles produïts siguin cada vegada millors. Sempre hi ha factors a millorar. Aquests poden ser determinats per canvis de peces, canvis de metodologies, etc.

És per això que es realitza un constant anàlisi del funcionament dels vehicles que surten de la línia de producció. Seguint aquesta metodologia es van detectar possibles restriccions de funcionament per culpa de que alguns components s'escalfaven més del dissenyat.

Aquests problemes es van focalitzar en el motor i en el controlador. Així doncs era precís estudiar, en base a resultats pràctics, quins problemes oferien aquestes peces i si era necessari actuar d'alguna manera.

Es va decidir anunciar aquests problemes a la Borsa de Projectes de l'ETSEIB.



## 3. Introducció

### 3.1. Objectius del projecte

Una de les principals diferències entre els vehicles convencionals i els elèctrics és la quantitat de tecnologia que porten integrada aquests últims. El nivell d'elements electrònics integrat en un vehicle elèctric és superior al nivell integrat en els altres vehicles. Bàsicament això es deu a que pràcticament tot el vehicle va regit per l'electrònica, tant de senyal com de potència, i no per la mecànica.

Un dels inconvenients d'això és que els sistemes electrònics són menys robustos que els sistemes mecànics davant altes temperatures. I aquest inconvenient fa acte de presència en els vehicles elèctrics, ja que els elements del que podríem considerar el tren de potència, com són el motor i la bateria, arriben a altes temperatures degut a la constant entrega de potència que han de proveir durant el funcionament del vehicle.

L'objectiu principal d'aquest projecte és, doncs, analitzar els elements més conflictius de la moto S02 per a esbrinar si pateixen de problemes de temperatura quan el vehicle es troba en marxa. En cas que sigui així el segon objectiu important del treball és proposar i, a ser possible, implementar mesures que solucionin aquests problemes.

### 3.2. Abast del projecte

El components més conflictius detectats que són susceptibles de presentar problemes d'escalfament són tres: la bateria, el controlador i el motor. D'aquests tres elements aquest treball centra el seu estudi en els dos últims, quedant la bateria fora de l'abast del projecte.

Així doncs, com s'acaba de comentar, l'objectiu de fer una primera caracterització i una proposta de solucions es centrarà en el controlador i el motor.

Més enllà del fet que aquest ha estat el plantejament inicial, s'ha contemplat eixamplar l'abast d'aquest projecte a l'estudi de la bateria. Degut però a la falta de recursos tant temporals com tecnològics s'ha desestimat aquesta opció, ja que s'ha considerat que no era realitzable.

## 4. Estat de l'art en la evolució vehicle elèctric

### 4.1. Ajudes i incentius

Els vehicles de tecnologia eficient estan rebent cada vegada més ajudes. El motiu és clar, promocionar la seva compra. D'ajudes n'hi ha a tots els nivells, des de l'estatal fins al municipal. I també tenen un gran abast en quant a l'usuari final, n'hi ha dirigits a l'usuari privat, a les empreses i als ens municipals.

L'Ajuntament de Barcelona posa a disposició ciutadana informació detallada de totes i cadascuna de les ajudes vigents. Com es fa visible en les següents taules tant a nivell estatal, com de comunitat autònoma i local, s'aposta fort per aquest tipus de vehicles, oferint ajudes de tota mena. Són les següents (disponibles a l'annex amb més detall):

*Taula 1. Ajudes a la compra de vehicles*

#### AJUDES A LA COMPRA DE VEHICLES

INCENTIU	ÀMBIT
Programa d'Incentius al Vehicle Eficient (PLAN PIVE)	Estat
Pla PIMA Aire	Estat
Programa MOVELE	Estat
Subvenció taxis de baixes emissions	Catalunya
Subvenció a la compra de vehicles elèctrics per a les flotes municipals	AMB
Subvenció a la compra de bicicletes elèctriques	AMB

---

Exempció del pagament d'impost de matriculació	Estatat
--	---------

---

*Taula 2. Instal·lació de punts de recàrrega*

---

### INSTAL·LACIÓ PDRS (PUNTS DE RECÀRREGA)

INCENTIU	ÀMBIT
Instal·lació punts de recàrrega a edificis d'habitatges	Barcelona
Tarifa Elèctrica Superval·le	Estatat
Obligació d'instal·lació de punts de recàrrega en aparcaments nous	Municipal

---

*Taula 3. Polítiques de promoció i suport municipal*

---

### POLÍTiques DE PROMOCIÓ I SUPORT MUNICIPAL

INCENTIU	ÀMBIT
Bonificació de l'IVTM (impost de circulació)	Municipal
Bonificació tarifes d'aparcament zones regulades	Municipal
Bonificació de la recàrrega energètica a places d'aparcament soterrat	Municipal
Bonificació de la recàrrega energètica en punts de recàrrega públics en superfície	Municipal

---

*Taula 4. Altres tipus d'ajuts.*

ALTRES	
INCENTIU	ÀMBIT
Peatges tous	Catalunya
Carrils BUS-VAO i descomptes en peatges per a vehicles ecològics	Catalunya

A continuació es destaquen amb més detall alguns dels incentius enumerats:

#### 1. Pla MOVEA

Com es pot veure hi ha molts ajuts a disposició dels compradors. L'ajuda més coneguda és el Pla PIVE. Aquesta ajuda passarà a dir-se, per a vehicles eficients, Pla MOVEA i entrarà en vigor aquest mateix any, el 2016. MOVEA comptarà amb 16,6 milions d'euros destinats a impulsar la compra d'aquests vehicles.

Aquesta ajuda unificarà els ajuts als vehicles de combustibles alternatius MOVELE i PIMA en un de sol. Se'n podran beneficiar tant persones físiques, com autònoms, empreses privades o fins i tot ens Locals i de Comunitats Autònomes. I beneficiarà des de bicicletes a camions, passant per cotxes, motos i furgonetes.

En el cas de les motocicletes aquesta ajuda serà de 1500 ó 2000 euros, depenent de la potència de la bateria. S'ha de dir que aquesta ajuda va lligada a que el vehicle presenti unes condicions, que són: una autonomia superior als 70 km i un preu inferior de venda als 8.000€.

## 2. Bonificació de la recàrrega energètica en punts de recàrrega públics en superfície

Per a poder fer ús dels punts de recàrrega a la ciutat de Barcelona cal una targeta d'usuari que concedeix l'Ajuntament, de la mateixa forma que ho fa amb l'Àrea Verda. Aquesta targeta permet carregar el vehicle elèctric en punts de recàrrega municipals en superfície a un cost de 0€.

## 3. Subvenció a la compra de vehicles elèctrics per a les flotes municipals

L'AMB, per tal de promocionar la compra de vehicles elèctrics a nivell municipal, va destinar l'any 2014 la quantitat de 200.000€ en ajudes als 36 ajuntaments que la conformen. Aquestes ajudes tenien un límit de 10.000€ per ajuntament i anaven dirigides a turismes i furgonetes.

Potser 10.000€ d'ajuda no sembla gran cosa en el cas de Barcelona, però si es té en compte que aquesta ajuda inclou a poblacions com El Papiol o Tiana, amb menys de 10.000 habitants, i a més se li sumen totes les altres ajudes a nivells estatal i de comunitat autònoma, la suma és considerable.

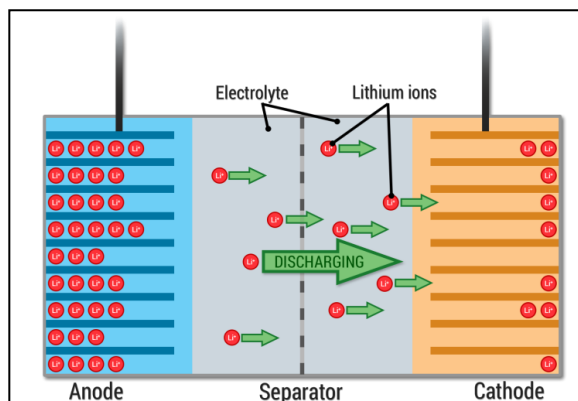
## 4.2. Tecnologia

### 4.2.1. Bateries

Les bateries són, avui en dia, els elements clau dels vehicles elèctrics. Són els elements que poden marcar la diferència en quant a autonomia i a potència entregada al motor.

A dia d'avui la tecnologia més utilitzada en les bateries dels vehicles elèctrics és l'ió – liti. L'ús més conegut fins ara d'aquestes bateries és en telèfons mòbils i ordinadors portàtils.

Alguns dels avantatges principals d'aquestes bateries respecte les de plom (que són les que s'han vingut utilitzant l'últim segle) són:



**Figura 1:** Esquema funcionament bateria liti

- Major velocitat de càrrega.
- Vida útil més llarga (més cicles de càrrega i descàrrega abans de deixar de funcionar).
- Major densitat de potència i, per tant, menor pes.
- Les descàrregues profundes no afecten a la seva capacitat.

**Taula 5:** Comparació entre tipus de bateries

Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-40 Wh/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h *	20 %
Ni-Fe	30-55 Wh/kg	1,2 V	+ de 10 000	4-8h	10 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	10-14h *	30 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10 %
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,7 V	4000	2h-4h	25 %

Altres tecnologies, però, s'estan desenvolupant. Tecnologies que permetran una major autonomia dels vehicles que les integrin, que és un factor de vital importància per a que els vehicles elèctrics puguin ocupar el lloc dels vehicles amb motors de combustió.

Algunes d'aquestes tecnologies són el liti-aire, el liti sofre o les bateries d'ions de sodi. A continuació es destaca la tecnologia més prometedora, el liti-aire.

### Bateries liti-aire

Algunes de les tecnologies que sembla que sortiran a la llum en un futur pròxim són les bateries de liti-aire o les de liti-sofre. Segons un estudi publicat recentment a la revista *Science* les bateries de liti-aire tindrien una densitat energètica 10 vegades superior a les actuals bateries d'ió-liti, densitat que seria comparable a la de la gasolina. Aquesta tecnologia permetria que un cotxe elèctric recorregués més de 600km amb una sola càrrega.

Però ens hem de quedar només amb això. Bateries d'aquestes característiques introduirien millores en infinitat d'altres camps tecnològics, com la telefonia o l'emmagatzematge d'energia d'origen solar.



**Figura 2:** Portada revista *Science*.  
Bateries liti-aire



Malgrat això, no tot semblen ser bones notícies i es que sembla ser que fins dintre d'una dècada no es comercialitzarà aquest tipus de tecnologia.

#### 4.2.2. Connectivitat

Els últims anys la connectivitat dels aparells electrònics ha patit un “boom”. És l'anomenat “Internet of things”. Aquest terme fa referència a la interconnexió d'objectes quotidians amb internet amb l'objectiu, per exemple, d'obtenir o intercanviar dades. Aquesta interconnexió, a nivell de vehicle elèctric, suposaria una millora en seguretat i eficiència.

Precisament Scutum ha arribat a un acord amb el gegant de les telecomunicacions Cellnex Telecom per desenvolupar vehicles elèctrics connectats. Entre aquestes empreses s'ha firmat un acord per desenvolupar aquest tipus de tecnologia i poder així connectar els vehicles amb els “smart phones” dels seus propietaris.

Aquest seria un primer pas cap a la interconnexió entre vehicles o entre vehicle i infraestructura.



*Figura 3: Connectivitat de la S02 de Scutum amb un Smart phone*

#### 4.3. Punts de connexió

A Barcelona hi havia 249 punts de recàrrega l'any 2014, segons l'Ajuntament de la ciutat. Aquests són pràcticament tots punts de recàrrega normal, però entre ells també n'hi ha 11 de recàrrega semi ràpida i 11 de recàrrega ràpida. Amb aquestes dades a la

mà Barcelona és la ciutat espanyola que més estesa té la xarxa de punts de recàrrega.

A Google Maps la Generalitat ha creat una capa anomenada “Xarxa estacions recàrrega elèctrica” que ens mostra sobre el mapa la localització i tipus de cada punt de recàrrega instal·lat a Catalunya.

En un punt de recàrrega normal la velocitat de recàrrega, tot i que depèn de la bateria, és de dues o tres hores (càrrega completa).

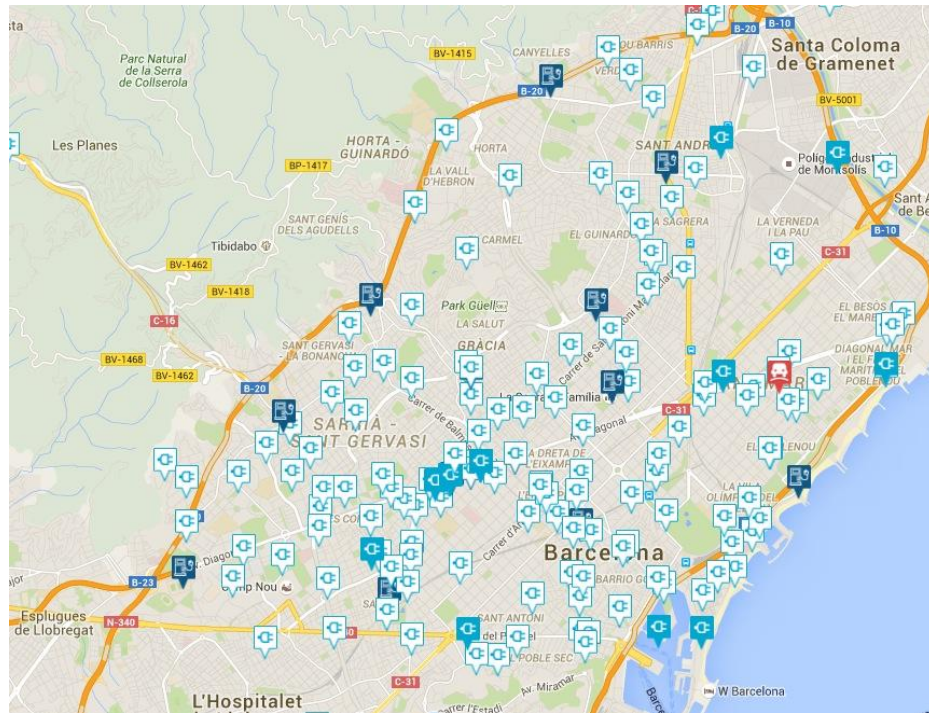


**Figura 4:** Punts de recàrrega als carrers de Barcelona

En les imatges que es mostren a continuació es pot visualitzar com Barcelona és l'àrea metropolitana a Espanya on més punts de recàrrega hi ha i també com la distribució de punts per la ciutat és considerablement homogènia.



**Figura 5:** Nombre de punts de recàrrega, per zones, a la Península Ibèrica



**Figura 6:** Mapa de punts de recàrrega a la ciutat de Barcelona

Les icones blanques mostren els punts de càrrega de velocitat normal (només per a motocicletes i vehicles petits). Per altre banda els punts de color blau marí mostren les estacions de recàrrega ràpids, que van estrictament dirigits a vehicles més pesats, com els cotxes privats o els taxis elèctrics.

#### 4.4. Conscienciació de la gent

Aquest és un dels majors reptes que té el vehicle elèctric: l'acceptació de la gent. La mentalitat espanyola és, en general, conservadora. Si comparem el nombre de vehicles elèctrics circulant a Espanya amb els de països europeus com Suècia, Alemanya o Noruega, el nostre país es troba molt lluny. Sí que és cert que econòmicament Espanya no és un país tant potent que els que s'acaben d'enumerar, però tot i així té el parc mòbil molt més antic del que li correspon. De fet, té un dels parcs mòbil més antic d'Europa. Mentre que la mitjana dels països europeus "potents" ronda els 6-7 anys, aquí l'edat mitja del parc mòbil puja fins els 10 anys (molt més antic del que ens correspondria a Espanya per nivell de desenvolupament i per riquesa del país).

Això mostra clars signes de que aquí si una cosa funciona, ja va bé. En general hi ha molta desconfiança cap a les noves tecnologies. És per això que quan es parla de vehicles elèctrics o de combustibles alternatius la gent només hi veu problemes.

Però aquest no és l'únic motiu que frena l'expansió dels vehicles eficients. També està la falta d'informació. No es fa prou campanya a favor d'aquest tipus de tecnologia. I com ningú en destaca els aspectes positius, el públic només es fixa en els aspectes negatius. El públic general creu que no hi ha prou punts de recàrrega a Barcelona, quan n'hi ha més de 200. La ciutadania no sap totes les ajudes de que disposen si es compren un vehicle d'aquest tipus, quan n'hi ha tantes que pot sortir pràcticament de franc. Enlloc d'això la gran majoria de gent creu que és una tecnologia cara i poc desenvolupada, quan realment no és cara si es tenen en consideració les ajudes i no està poc desenvolupada si es té en compte que l'ús principal d'aquests vehicles serà urbà o interurbà.

El que sí que tenen a favor els vehicles elèctrics és que cada vegada hi ha més conscienciació amb el medi ambient. El canvi climàtic és cada vegada més evident i cada dia que passa més gent se n'adona.

Però amb això no n'hi ha prou. Segurament la clau de tot sigui la comunicació, fer arribar la informació a la gent. La informació de que, sobretot en el cas de les motos, la infraestructura de recàrrega està ja molt estesa, de que la tecnologia està molt desenvolupada i de que les ajudes són reals i són quantioses.

## 4.5. Competència – Marques

Marques de motos elèctriques n'hi ha moltes, més de les que algú que no està ficat en el sector pot imaginar. És per això que, amb l'objectiu de poder fer una selecció coherent, s'han aplicat una sèrie de filtres alhora de fer recerca. Aquests filtres han estat:

- Que la marca produeixi scooters.
- Que aquesta marca tingui presència al mercat espanyol o, com a mínim, europeu.
- Que la marca en qüestió fabriqui el model en sèrie i no es tracti de prototips.

Seguint aquestes directrius es presenta el següent:



## 1. Govecs

Govecs és una marca alemanya, concretament de Munich, fundada l'any 2009. Avui en dia aquí a Espanya és importada en exclusiva per Next Motorbike i fins fa poc era la moto elèctrica que ofería l'empresa Cooltra.

El model més potent de la marca és l'scooter Go!S3.4, el qual seria l'homòleg a una 125cc de gasolina. Segons dades extretes de la seva pròpia web, té una velocitat màxima d'uns 80 km/h i una autonomia que en cap cas supera els 70 km. El pes que s'anuncia és d'uns 120kg.

A la pàgina oficial de Govecs, la Go!S3.4 s'ofereix a un preu de 5.499€.



**Figura 7:** Govecs Go! S3.4

De cara a la venta a usuaris privats, l'empresa Next Motorbike ha posat en marxa una oferta per a promocionar la compra de les seves motos elèctriques. Com, a més de ser la distribuïdora oficial de Govecs, també ho és de la marca americana Brammo, ofereix un 2x1 molt atractiu:

The advertisement is a promotional graphic for a 'Pack oferta DUO'. At the top, it features the Brammo logo on the left and the Govecs logo on the right, with the text 'Pack oferta DUO' in the center. Below this, it states 'Brammo Empulse E1 + REGALO 1x scooter GOVECS GO! = 15.367 €'. The main visual is a black Brammo Empulse E1 motorcycle on the left, followed by a large red plus sign, and then a white Govecs Go! scooter on the right. A red starburst graphic next to the scooter says 'Regalo!'. At the bottom, there is a small disclaimer in Spanish: '\*I.V.A incluido. Transporte no incluido. Oferta válida hasta fin de existencias. No incluye 500€ de entrega y transporte en península (750€ en Canarias y Baleares). Pack modelo BRAMMO Empulse R + GOVECS Go s 3.4 = 17.787€'. Below the disclaimer are the logos for 'nextmotorbike.com' and 'www.nextmotorbike.com' with the phone number 'Teléfono: (+34) 936 191 222'.

**Figura 8:** Oferta inèdita per impulsar la compra de vehicles elèctrics.

## 2. BMW

Des de fa uns anys BMW és una de les multinacionals capdavanteres en la producció de vehicles elèctrics a gran escala. Podem agafar com a referència models com els BMW i3 o i8.

Aquest any va llançar la seva primera moto elèctrica: la C Evolution. Aquesta és un scooter de grans dimensions, comparable en mides a models com la Yamaha T-max. És el que s'anomena una maxi-scooter.



**Figura 9:** BMW C Evolution

Declara una velocitat màxima de 120 km/h i una autonomia d'uns 100 km. El temps de càrrega completa de la bateria en un endoll convencional és d'unes 4h. Una altre xifra també important és el pes: 265kg. Aquest és més del doble que el que podem trobar en la Govecs. El principal inconvenient d'un pes tant elevat és l'agilitat. Una moto de ciutat ha de ser àgil per moure's còmodament entre el trànsit, i una moto tan pesada és difícil que ho aconsegueixi.

L'inconvenient més gran, però, és el preu de sortida: 15.350 €.

## 3. LEMev

LEMev va ser la primera empresa 100% espanyola de motos elèctriques i va néixer de la col·laboració de les empreses Luma (sistemes antirobatori), Inmotec (motos de competició) i Dhemen (empresa de disseny industrial) l'any 2007.

El model que comercialitza s'anomena Stream, i és un maxi-scooter. Declara una velocitat màxima de 105 km/h amb una autonomia mitja de 80 km. Porta un motor a roda de 5kW de potència i, segons el fabricant, el cicle de vida de les bateries és de 160.000 km.



**Figura 10:** LEMev Stream

Com és un maxi-scooter el pes és elevat: 195kg. Aquest pes la fa estable a altes velocitats, però menys àgil en espais urbans (de la mateixa manera que li passa a la BMW).

El preu del vehicle parteix dels 5.850€.

#### 4. Rieju

Rieju és una marca de motocicletes catalana que neix l'any 1934. Aquesta marca va llançar fa un parell d'anys un model elèctric: la Rieju Mius.

Aquesta motocicleta està pensada per a ús comercial, ja que només compta amb una places per a una persona. Degut a que el motor és relativament petit (3kW) i que porta poques bateries (capacitat per entregar 1,92 kWh), ni la velocitat màxima (65km/h) ni l'autonomia (40km) són destacables. Però el que sí que és destacable és la xifra que anuncia de pes: 95kg. Aquesta xifra la fa una moto àgil i manejable per a l'ús urbà.

El preu de llançament és de 3.768€.



**Figura 11:** Rieju Mius

#### 5. Quazzar

Quazzar és una marca amb seu a Madrid que fabrica motos de tecnologia alemanya i que són assemblejades a Xina.

Actualment comercialitza una gama de 5 models diferents de scooters: des d'un maxi-scooter fins a un scooter de "look" retro. Cada model té diferents nivells de prestacions. Així podem anar des d'un equivalent a una 125cc que té una autonomia de 100km i agafa els 100km/h, fins a l'equivalent d'un ciclomotor que no té més de



**Figura 12:** Vehicle de la marca Quazzar

60km d'autonomia i la velocitat màxima no passa dels 60km/h.

Els preus varien entre els 2.000 i els 5.000€.

## 4.6. El vehicle elèctric i el medi ambient

El principal motiu per el qual existeix el vehicle elèctric és la recerca d'una tecnologia més eficient i menys contaminant per al sector del transport.

Segons dades publicades per la Comissió Europea el sector del transport representa al voltant d'un terç de l'energia consumida anualment als països dins de la unió. A la ciutat de Barcelona es realitzen anualment balanços d'energia a nivell de ciutat per a conèixer quina és la realitat de la ciutat. Dades del balanç de l'any 2013 mostren que aquest sector va ser el culpable del 23,6%. Això en xifres d'energia equival a 3.918,04 GWh. D'aquesta xifra el 93 % prové del consum de combustibles fòssils, que són responsables de l'emissió de 991.880 tn de CO<sub>2eq</sub> l'any, només a la ciutat de Barcelona.

No s'ha de caure però en l'error de pensar que un vehicle elèctric no contamina. Un vehicle elèctric contamina, però ho fa molt menys que un vehicle amb un motor tèrmic. Això és degut a dues raons:

- El vehicle elèctric és més eficient que el vehicle convencional. Té moltes menys pèrdues d'energia. Mentre que l'eficiència dels vehicles convencionals es situa entorn el 30%, en els cotxes elèctrics aquesta xifra puja fins al 90%. El canvi tant dràstic en eficiències és degut a la combinació de múltiples factors, entre ells el menor nombre de peces mòbils en les elèctriques o el fet d'incorporar tecnologia més avantguardista.
- El factor d'emissió de l'energia elèctrica és molt més baix al factor d'emissió de la gasolina o el gasoil.

Amb aquest segon punt el que es vol dir és si es comparen dues motocicletes (scooters), una d'elèctrica i una de gasolina, es pot fer la següent comparació:

- Moto de gasolina: consumeix aproximadament 3,5l cada 100km. Com que el factor d'emissió de la gasolina és de 2,38 kg CO<sub>2</sub>/litre , s'estan emetent 8,33 kg CO<sub>2eq</sub> als 100km.



- Moto elèctrica: 100km d'autonomia es poden fer amb 6 kWh d'energia de les bateries. Com el factor d'emissió del mix elèctric a Catalunya és de 214,88 g CO<sub>2eq</sub>/kWh (any 2013), s'estan emetent 1,29 kg CO<sub>2eq</sub> als 100km.

Per tant, és evident que són una bona solució per a frenar el massiu impacte nociu que té el sector dels transport sobre l'atmosfera.

Una senyal del nivell de criticisme al que s'ha arribat és que, dins el context de la cimera contra el canvi climàtic COP21, s'ha arribat a un acord històric que compromet a tots els països integrants de les Nacions Unides a lluitar contra el escalfament del planeta, mantenint l'escalfament per sota dels dos graus a un horitzó de 5 anys.

Això porta implícit una reducció de les emissions, motiu que pot suposar un gran impuls al vehicle elèctric en forma d'ajudes estatals.

Malgrat l'evidència de la necessitat de canviar de mentalitat, a l'any 2013 només es van vendre 144 cotxes 100% elèctrics a Catalunya. Això és símptoma de que la tecnologia elèctrica no genera, a dia d'avui, suficient confiança.

## 5. SCUTUM LOGISTIC S.L.

Scutum és una empresa de motos elèctriques que neix l'any 2011 amb la idea de liderar un canvi en la mobilitat dins la ciutat. Un canvi cap a la mobilitat elèctrica.

Amb aquesta idea de canviar la mentalitat dels conductors de scooters de les ciutats va néixer el primer projecte de Scutum, una scooter urbana: la S01.

Aquí van començar les col·laboracions amb altres empreses, com 4id, Arientech o Blau6, i entitats, com la Universitat de Disseny de Barcelona.

Així doncs el mateix 2011 es va aconseguir desenvolupar el sistema elèctric i electrònic de la moto així com també assentar les bases per al model S01.

La diferència principal entre Scutum i altres marques de motocicletes elèctriques és que Scutum aposta per integrar en els seus vehicles un sistema d'extracció fàcil de la bateria, facilitant d'aquesta manera la seva recàrrega en els domicilis privats.

L'any 2012 es comença a desenvolupar la S02, una moto que va enfocada a cobrir les necessitats d'empreses amb flotes de vehicles urbans, com empreses de missatgeria, policia local o empreses de lloguer de vehicles. Per a aquest model s'aprofitaran els sistemes electrònics començats a desenvolupar amb la S01, així com també moltes de les peces. Aquest serà el model que farà créixer l'empresa.

És al 2013 quan s'acaba de validar el sistema propulsor de la moto (Drive System) i es comencen a produir les primeres unitats de la S02. A finals d'aquest mateix any surten de la fàbrica les primeres unitats.

Aquest mateix any s'inicia també el desenvolupament de la S03, un scooter amb tres rodes: una al davant i dues al darrere.

Al 2014 s'uneixen tres grans accionistes a col·laborar amb Scutum: Repsol, La Caixa i el Centre de Desenvolupament Tècnic Industrial (CDTI). Això permet a la marca gaudir d'un important suport financer per a poder fer el llançament comercial del model S02, així com també seguir desenvolupant el model S01.

Aquest darrer any 2015 Scutum s'ha consolidat com un referent dins el món dels scooters elèctrics, optimitzant el seu model S02 i amb l'objectiu d'ampliar-ne la producció de cara al 2016 així com també de començar a comercialitzar el model S01.

El mateix 2015 ha rebut diversos premis. Ha guanyat el Premio Nacional EnerAgen 2015, atorgat per l'Associació d'Agències Espanyoles de Gestió de l'Energia. Aquest guardó s'ha concedit a Scutum pel desenvolupament, producció i distribució de motos elèctriques 100% eficients amb I+D+I pròpia. Scutum també ha guanyat el premi EmprendedorXI 2015 concedit per La Caixa i el Ministeri de Indústria, Energia i Turisme, un premi que consolida l'empresa a nivell nacional en el sector de la indústria.

### Models

- S01:

La S01 és el model original de Scutum, el que va donar peu a la creació de l'empresa. Pretén ser la moto per als conductors de scooters urbans.



**Figura 13:** Model S01

Davant la situació climàtica i mediambiental actual es fa evident que és necessari un canvi d'hàbits en la societat. I aquest canvi pot començar, per exemple, per canviar els vehicles privats de combustibles fòssils per d'altres d'elèctrics. Seguint aquesta pauta Scutum vol fer de l'S01 la moto elèctrica de la ciutat.

De cara al públic però, la moto elèctrica encara genera reticències. La baixa autonomia i la dificultat per recarregar les bateries suposen una barrera important a l'hora de convèncer l'usuari privat.

Amb l'S01 Scutum facilita molt les coses. Aquesta motocicleta disposa d'un sistema molt senzill d'extracció de la bateria per així poder carregar-la a casa, en qualsevol endoll. Amb aquest sistema s'espera poder fer veure als ciutadans que tenir un vehicle elèctric no comporta tenir més mals de cap.

Si tot va bé el llançament comercial de l'S01 hauria de ser a mitjans de 2016.

- S02:

L'02 és una moto diferent a l'S01. És una moto enfocada a les flotes de vehicles tant municipals com d'empreses. Les seves principals característiques són l'agilitat (pesa uns 85 kg sense bateries) i una bona capacitat de càrrega (fins a 175 kg). A més a més està disponible amb diferents energies de bateries: d'una bàsica de 1,5 kWh fins una de 6 kWh.



**Figura 14:** Model S02

A dia d'avui és l'únic model que comercialitza Scutum.

### Versions

Diferents accessoris poden ser afegits a la moto, depenent de les necessitats de l'usuari. Els principals accessoris són:

- Seient per a copilot: si es desitja destinar el vehicle a un ús privat és interessant poder tenir la opció de portar un acompanyant, cosa el model sortit de fàbrica no incorpora.
- Baül posterior: es pot escollir la mida del baül posterior entre dos models, un de mida normal amb 40 litres de capacitat i un de mida gran, que permet una capacitat de 200 litres.
- Kit policial: aquesta opció canvia diverses peces de la carrosseria del vehicle. El carenat frontal augmenta de dimensions, dotant a la moto de més presència. A més a més també s'incorporen altres elements característics d'un vehicle policial com un sistema de so i de llums, retolació especial o un pal amb una sirena.

3.790 €	4.131 €	4.950 €	5.500 €
<b>1,5 kWh</b> Potencia Batería	<b>3 kWh</b> Potencia Batería	<b>4,5 kWh</b> Potencia Batería	<b>6 kWh</b> Potencia Batería
55 Km/h Velocidad máxima	80 Km/h Velocidad máxima	80 Km/h Velocidad máxima	80 Km/h Velocidad máxima
30 Km Autonomía media	50 Km Autonomía media	75 Km Autonomía media	100 Km Autonomía media

**Figura 15:** Quadre dels preus actuals de l'S02

- S03

L'S03 és un model modificat de l'S02. Té el mateix públic objectiu i la mateixa estructura general que una S02, però porta dues rodes en paral·lel a darrere en lloc d'una. Té les mateixes prestacions que una S02 però ofereix més estabilitat i més capacitat de càrrega.



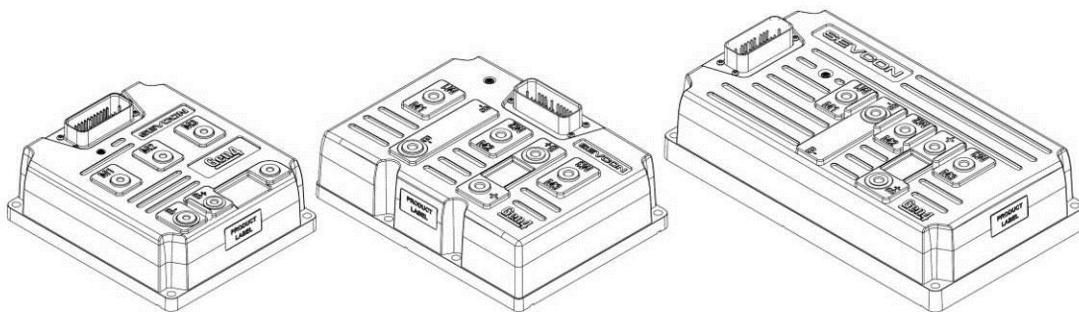
**Figura 16:** Model S03

## 6. Parts a estudiar

### 6.1. Controlador

Fent una analogia al cos humà, podríem dir que el controlador és el cervell de la moto. Tota l'electrònica del tren de potència de la moto passa pel controlador. El controlador s'encarrega de gestionar, per exemple, quanta electricitat es transfereix de la bateria al motor, quan s'ha de tallar la corrent per protegir la bateria, si la temperatura del motor és l'adequada, etc. A més a més també s'encarrega de convertir la tensió continua sortint de la bateria en tensió alterna que pugui alimentar el motor.

El controlador que integren les motos a Scutum és un Sevcon Gen4. Aquests estan específicament dissenyats per controlar motors tant d'inducció com d'imants permanents. El Sevcon Gen4 s'ofereix en diferents models (potències), depenent de la tensió i la intensitat que necessitem en el nostre sistema. En el nostre cas es disposa de la mida més petita.



**Figura 17:** Catàleg de tamanys disponibles dels controladors Gen4

Aquests controladors poden ser aplicats tant en sistemes de propulsió com en sistemes de bombeig, com podrien ser:

- Vehicles de neteja urbans
- Vehicles de suport en aeroports
- Vehicles utilitaris
- Carrets de golf
- Bombes de buidatge en vaixells
- Scooters

A l'hora de fer la comunicació amb aquest dispositiu, des de Sevcon han desenvolupat un software molt intuïtiu que serveix com a eina de configuració. Aquest programa s'anomena DVTC (se'n parlarà més d'ell en el punt ..... Metodologia d'assaig). D'aquesta manera es pot configurar una llista molt extensa de paràmetres depenent de les característiques del sistema on s'integri.

En una moto elèctrica el input principal del controlador és el "gas" que li vol donar el pilot. El controlador agafa aquesta ordre i s'encarrega de gestionar el sistema tracció tant en parell com en velocitat d'acord amb els paràmetres amb els que s'hagi configurat.

### Principis de funcionament

La funció principal des controladors Gen4 és la de controlar la potència dels motors en els vehicles elèctrics.

En el sistema de tracció d'una moto elèctrica les ordres al motor les dona el conductor de forma analògica. Això succeeix quan fem girar la maneta dreta de la moto per obrir gas. Aquí és quan entra en joc el controlador, que el que fa és proveir totes les funcions necessàries per tal de que les ordres que hagi donat el conductor puguin ser validades. Amb les ordres rebudes i els paràmetres que té configurats, genera una resposta en forma de parell i velocitat.

Per una banda, el controlador calcula constantment quant parell necessita el vehicle. Això depèn tant dels inputs generats pel conductor com per les característiques del terreny. Aquest parell ve determinat per la magnitud del corrent entregat al motor.

Segons Sevcon, els controladors Gen4 arriben a excel·lents nivells d'eficiència tèrmica i elèctrica gràcies a:

- Minimització de les resistències tèrmiques.
- L'ús de MOSFETS d'última generació.
- Protecció tèrmica interna: si les temperatures són massa altes, es redueix el parell de sortida.
- Proteccions contra possible sobretensions.



Modes de funcionament:

Si es desitja, es pot fer funcionar el controlador en dos modes de funcionament diferents: mode parell o mode velocitat.

1. Mode parell

En aquest mode el Gen4 manté constant el parell entregat pel motor per a una posició de la maneta del gas donada. Si estem en aquest mode i volem prevenir el vehicle d'arribar a una velocitat excessiva quan la càrrega del parell és baixa, per exemple en baixades, es pot configurar una velocitat màxima del vehicle.

2. Mode velocitat

En aquest mode el controlador manté el motor girant a una velocitat constant per a una posició de la maneta del gas donada, mentre hi ha hagi suficient parell disponible. Aquest mode és diferent al del parell en que el valor de parell aplicat al motor és calculat basat en la demanda de velocitat del conductor i la velocitat del vehicle en el moment.

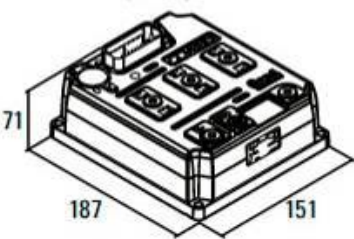


Figura 18: Mides del controlador instal·lat a l'S02.

KEY PARAMETERS

Model	Size 2	Size 4	Size 6	Size 2	Size 4	Size 6	Size 2	Size 4	Size 6	Size 2*	Size 4	Size 6*
Nominal Battery Voltage	24 VDC	24 to 36 VDC		36 to 48 VDC			72 to 80 VDC			96 to 120 VDC		
Max operating voltage	34,8 VDC	52,2 VDC		69,6 VDC			116 VDC			150 VDC		
Min. operating voltage	12,7 VDC			19,3 VDC			39,1 VDC			48 VDC		
Peak Current (2min)	300A	450A	650A	275A	450A	650A	180A	350A	550A	150A	300A	450A
Boost Current (10 sec)	360A	540A	780A	330A	540A	780A	215A	420A	660A	180A	360A	540A
Cont. Current (60 min)	120A	180A	260A	110A	180A	260A	75A	140A	220A	60A	120A	180A

Taula 6: Paràmetres estàndard en els controladors Sevcon Gen4

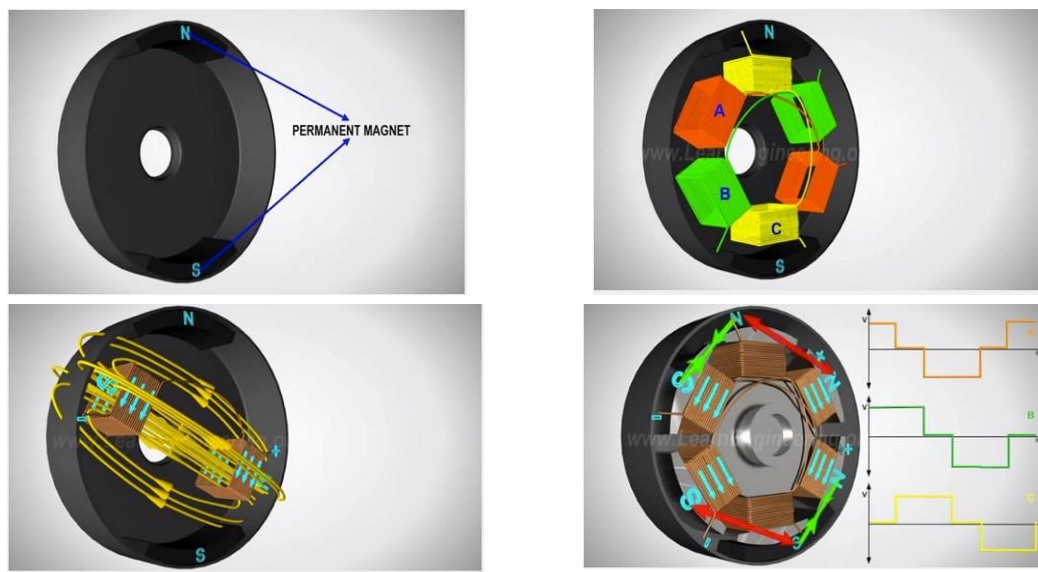
105

## 6.2. Motor

El motor implantat en les motos de Scutum és un motor fabricat per Proud Eagle Electric. Aquest és un motor brushless alimentat per les bateries. Aquest tipus de motors tenen un ús generalitzat en aplicacions on el motor es veu alimentat per una bateria. Això és degut a que, comparat amb un motor elèctric tradicional amb escombretes, té l'avantatge de ser més eficient. Comparat amb aquest tipus de motors també són més silenciosos i lleugers, a igualtat de potència.

### Principis físics de funcionament

Un motor brushless es compon, principalment, d'un rotor i un estator. El rotor d'un motor brushless és un imant permanent, mentre que a l'estator és on trobem les bobines de fil conductor. Aquestes bobines van per parelles, i cada unitat de la parella se situa a l'extrem oposat de l'estator.



**Figura 19:** Funcionament, pas a pas, d'un motor brushless

Al alimentar l'estator es genera una força electromagnètica que fa moure el rotor ja que els imants d'aquest es senten atrets, o rebutjats, pel camp magnètic generat per les bobines alimentades. Abans de que s'alineïn els pols dels imants amb les bobines alimentades es deixa d'alimentar aquestes i es passa a alimentar la següent parella de bobines.

### Especificacions tècniques

El motor brushless instal·lat a les S02 de Scutum és un motor xinès de la marca Proud Eagle Electric.

Les especificacions tècniques més importants són:

- Nom del model: PE134835A
- Potència nominal: 4kW
- Ratis voltatge/corrent: 48V/60A, 60V/50A, 72V/40A
- Parell màxim: 80 Nm
- Temperatura de treball: entre -20°C i 120°C
- Pes: 21 kg (llanta inclosa)
- Garantia del fabricant: 18 mesos, sempre i quan no se'n faci un mal ús.



**Figura 20:** Motor de l'S02

### Ubicació dins la moto

Aquest motor està situat a la roda posterior del vehicle, la que s'encarrega de la tracció. D'aquesta manera, al estar ubicat en el mateix lloc on està el sistema de tracció, el vehicle aconsegueix estalviar-se el sistema de transmissió entre el motor i la roda motriu. Això té varies avantatges:

1. Menys peces mòbils implica més eficiència.
2. Un menor nombre de peces porta associat un menor nombre de possibles averies.
3. Si el motor s'ubica a la roda deixa més espai per a instal·lar una bateria de major mida.



*Figura 21: Detall de la roda posteriors de l'S02*

### 6.3. Bateria

Per al desenvolupament d'aquest element de la moto Scutum té un acord amb Cegasa, empresa que es dedica a l'emmagatzematge d'energia. Hi ha un document consensuat per les dues parts on s'especifiquen les característiques tècniques que han de complir les bateries que Cegasa li fa arribar a Scutum.

El conjunt global de la bateria s'anomena "battery pack". Aquest terme fa referència a tot el conjunt d'elements necessaris per al correcte funcionament de l'alimentació energètica de la moto. És a dir que un battery pack no només es compon de les bateries en sí, sinó que a més a més també inclou tota l'electrònica encarregada de gestionar el sistema, el cablejat, el carregador, la carcassa, etc. En altres paraules, el battery pack és la unitat que està llesta per ser instal·lada i connectada a la moto.

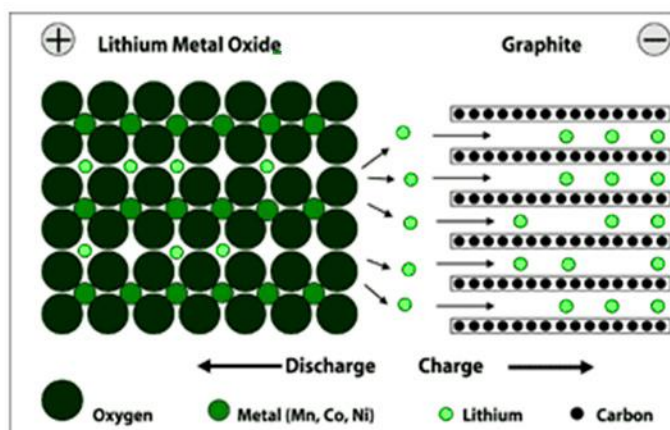
Doncs bé, de tots els elements necessaris per a completar un battery pack, Cegasa s'encarrega de subministrar les bateries i Scutum s'encarrega de tota la resta. I l'asseblatge de tots els subconjunts els fa Cegasa.

La tecnologia utilitzada per a les bateries és l'ió-liti. Aquesta tecnologia és, a dia d'avui, la més utilitzada i la que creix més ràpidament.

### Principis físics

Aquesta tecnologia combina un càtode amb òxid de liti amb un ànode de carboni i un electròlit orgànic.

El càtode acostuma a ser un òxid de metall litiat, com el  $\text{LiCoO}_2$  o el  $\text{LiMO}_2$ . L'electròlit està fet amb salts de liti dissoltes en carbonats orgànics. Quan la bateria es carrega els àtoms de liti del càtode es transformen en ions i migren a través de l'electròlit cap a l'ànode, on es combinen amb els electrons externs i queden atrapats entre capes de carboni com a àtoms de liti. Aquest procés es reverteix durant la descàrrega.



**Figura 22:** Esquema funcionament bateria S02

Avantatges:

- Alta densitat d'energia, amb potencial per seguir creixent.
- Baix nivell d'auto descàrrega: la meitat que les bateries de níquel.
- Baix nivell de manteniment.

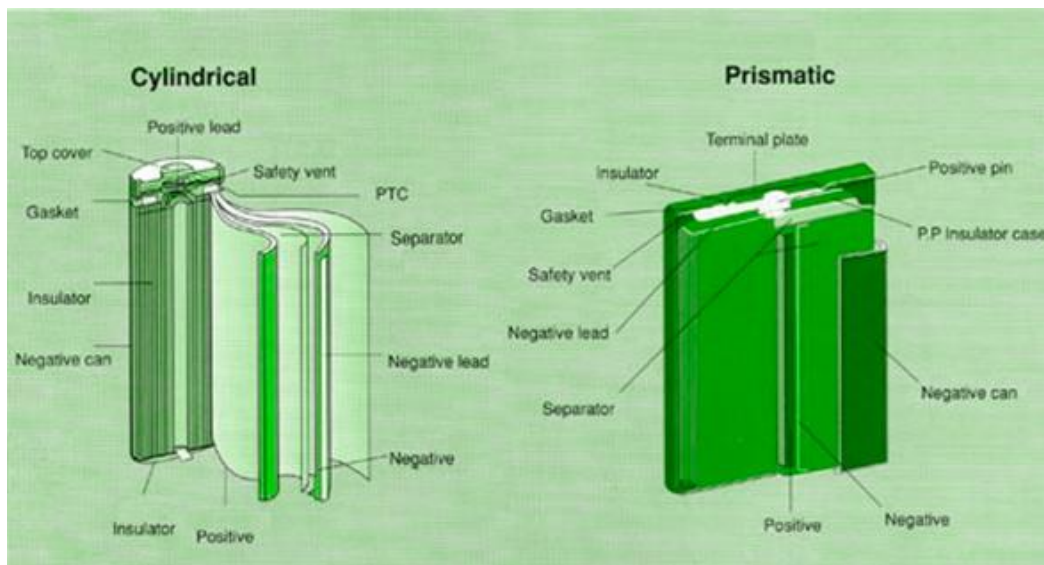
Desavantatges:

- Necessiten d'un circuit de protecció per mantenir els voltatges i les corrents dins els límits de seguretat.

### Battery pack a la S02

Cegasa produeix aquest tipus de bateries, que poden ser tant cilíndriques com prismàtiques, essent les primeres les més econòmiques.

El battery pack de les motos de Scutum incorporen bateries cilíndriques, amb una mida de 18mm x 65,2mm.



**Figura 23:** Tipus de bateries de Cegasa: cilíndriques i prismàtiques

Actualment Scutum ofereix quatre nivells de “battery pack”, en funció de l'autonomia que es desitja tenir. La quantitat d'energia que pot entregar el “battery pack” és proporcional al nombre de bateries que incorpora. Més energia implica més bateries. D'aquesta manera a Scutum s'ofereixen les següents opcions en quant a bateries:

ENERGIA (kWh)	Autonomia mitja(km)
1,5	30
3	50
4,5	75
6	100

**Taula 7.** Relació energia de les bateries - autonomia vehicle



### Ubicació a la moto

A la S02 el battery pack es situa sota el seient del conductor. A la imatge és la capsa negra que porta el logotip de l'empresa (el cercle verd).



**Figura 24:** Ubicació de la bateria a l'S02

### Problemes detectats

Aquest tipus de bateria necessita treballar, per seguretat, entre unes temperatures límits. Si en algun moment la temperatura arriba al límit, hi ha un sistema electrònic que l'aïlla i suspèn temporalment les seves funcions, fins que baixi la temperatura. Aquests límits són entre -20 i 60°C en descàrrega.

Taula 8. Especificacions de les bateris de Cegasa

Specifications	Lead-Acid	NiCd	NiMH	Li-Ion		
				Cobalt	Manganese	Phosphate
Specific energy density (Wh/kg)	30 – 50	45 – 80	60 – 120	150 – 190	100 – 135	90 – 120
Internal resistance (mΩ/V)	<8.3	17 – 33	33 – 50	21 – 42	6.6 – 20	7.6 – 15.0
Cycle life (80% discharge)	200 – 300	1,000	300 – 500	500 – 1,000	500 – 1,000	1,000 – 2,000
Fast-charge time (hrs.)	8 – 16	1 typical	2 – 4	2 – 4	1 or less	1 or less
Overcharge tolerance	High	Moderate	Low	Low	Low	Low
Self-discharge/month (room temp.)	5 – 15%	20%	30%	<5%	<5%	<5%
Cell voltage	2.0	1.2	1.2	3.6	3.8	3.3
Charge cutoff voltage (V/cell)	2.40 (2.25 float)	Full charge indicated by voltage signature	Full charge indicated by voltage signature	4.2	4.2	3.6
Discharge cutoff volts (V/cell, 1C*)	1.75	1	1	2.5 – 3.0	2.5 – 3.0	2.8
Peak load current**	5C	20C	5C	> 3C	> 30C	> 30C
Peak load current* (best result)	0.2C	1C	0.5C	<1C	< 10C	< 10C
Charge temperature	-20 – 50°C	0 – 45°C	0 – 45°C	0 – 45°C	0 – 45°C	0 – 45°C
Discharge temperature	-20 – 50°C	-20 – 65°C	-20 – 65°C	-20 – 60°C	-20 – 60°C	-20 – 60°C
Maintenance requirement	3 – 6 months (equalization)	30 – 60 days (discharge)	60 – 90 days (discharge)	None	None	None
Safety requirements	Thermally stable	Thermally stable, fuses common	Thermally stable, fuses common	Protection circuit mandatory		
Time durability				>10 years	>10 years	>10 years
In use since	1881	1950	1990	1991	1996	1999
Toxicity	High	High	Low	Low	Low	Low



## 7. Metodologia d'assaig

Fer un òptim disseny de la metodologia d'experimentació va ser bàsic per tal d'aconseguir resultats que reflectissin o que deixessin entreveure els problemes que volíem detectar en la moto.

Així doncs les proves a realitzar havien de complir uns requisits. Per començar, les proves devien ser exigents, d'aquesta manera s'afavoria que sortissin a lluir els problemes de temperatura dels diferents components. D'altre banda també havien de ser realistes. El que es vol dir amb això és que no es va buscar que es realitzessin, per exemple, en espais tancats on les condicions de les proves no fossin coherents a les condicions amb les que un vehicle es troba quan roda pel carrer.

### Primeres proves – banc de proves

Les primeres proves, tot i el mencionat anteriorment, sí que es van dur a terme en el banc de proves de l'empresa. El banc de proves a Scutum està ubicat dins una sala petita. Aquesta sala només s'utilitza per descarregar les bateries de les motos una vegada surten de la cadena de muntatge. Com la seva finalitat no és la de fer testejar el comportament de la moto en marxa, no està ben dissenyada per a les proves que es volien portar a terme.

Quan es posa una moto a descarregar al banc de proves, es posa la moto a màxima potència i es tanca la sala per evitar que el soroll que fa el banc sigui molt molest. Aquest fet, sumat al fet que la sala no té més de 15 m<sup>3</sup> d'aire i sumat al fet que no hi ha ventilació alguna amb l'exterior, produeix que la temperatura a l'interior arribi a superar els 30°C. Això provoca que, en la majoria de casos, si no es força una refrigeració del motor per convecció, aquest component arribi a superar els límits tèrmics de funcionament. La solució aplicada és la d'utilitzar un ventilador que refrigeri el motor i es pugui dur a terme l'equalització de la bateria, però és més que evident que això no simula un entorn realista de les condicions de treball amb les que es troben els vehicles al carrer.

Durant aquestes proves els enginyers de l'empresa monitoritzen totes les dades de la moto per assegurar-se que tots els paràmetres es trobin dins els límits funcionals. És per això que les primeres proves es van fer dins aquesta sala, per agafar fluïdesa amb el funcionament del software a controlar.

A més a més, aquestes proves van ser útils per determinar quins paràmetres seria interessant monitoritzar.

### Variables a monitoritzar

El programa que permet configurar el controlador s'anomena DVTC, i és una eina que proporciona la mateixa empresa que proporciona els controladors.

Aquesta eina permet monitoritzar un nombre finit de variables, no es poden monitoritzar totes alhora. Cada variable a monitoritzar té un pes de 8, 16 ó 32 bits i el programa permet monitoritzar fins a 320 bits.

De les desenes de variables que el software del controlador permet monitoritzar, interessaven bàsicament dos: la temperatura del controlador i la del motor. També interessava la temperatura de la bateria, tot i que aquesta quedés fora de l'abast del projecte. El motiu d'això era que, segons els enginyers de la casa, era un component que també era susceptible de arribar a temperatures massa elevades i, quan es realitzessin proves posteriors seria d'utilitat saber si el que havia fallat per temperatura era alguns dels components a estudiar, o era la bateria.

Precisament per el mateix motiu per el qual es va decidir monitoritzar la bateria també es va decidir seguir monitoritzant tots els paràmetres que es monitoritzaven en les equalitzacions que es feien de la bateria. D'aquesta manera hi hauria la possibilitat d'establir una relació entre paràmetres quan s'arribés a la fallida.

### Proves de ciutat

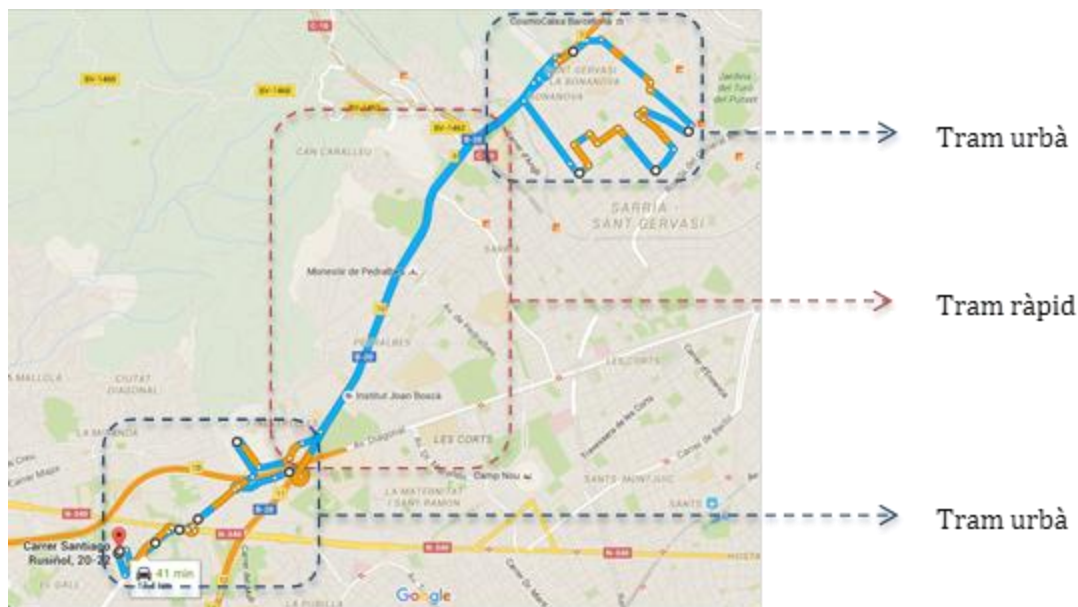
Una vegada dominat el sistema informàtic del controlador i coneguda la moto, les següents proves es van realitzar en un entorn urbà. El motiu per a realitzar aquestes proves era el de sotmetre al vehicle a unes condicions de treball realistes. Aquestes condicions incloïen tant el fet de posar a prova el vehicle com a conjunt (aerodinàmica, sistema de frenat, resposta real del motor, etc.) com el fet de sotmetre'l a condicions climatològiques variables (un dia podia fer vent i el següent no).

L'S02 és un vehicle que principalment va dirigit a flotes municipals o d'empreses. És per aquest motiu que serà rara l'ocasió en que trepitgi sols no-urbans. Això és el que es va tenir en compte a l'hora de realitzar aquestes proves. Seguint aquest directriu es va dissenyar un itinerari.

El recorregut dissenyat va constar d'una combinació de trams ràpids on poder anar a alta velocitat (Rondes) i de trams urbans. D'aquesta manera es pretenia simular de d'una forma prou realista l'ús al qual va destinat el vehicle, un ús urbà.

L'itinerari marcat tenia un recorregut total d'uns 15 km que, de mitjana, es pretenia que es realitzés en uns 30 minuts. Aquesta distància recorreguda durant les proves pretenia ser una distància superior a la mitjana dels trajectes que es realitzen en moto dins la ciutat de Barcelona. Tenint en compte que, segons fonts de la Generalitat, la

durada mitjana dels desplaçaments a Barcelona són de 21,33 minuts, podem assegurar que el recorregut tenia una distància adequada per a simular uns experiments realistes.



**Figura 25:** Recorreguts del circuit urbà

### Proves d'alta intensitat

Degut a la voluntat de que els components de la moto arribessin al seu límit per tal de poder estudiar possibles solucions que en milloressin el rang de temperatures operatiu del vehicle, es van dur a terme unes proves de resistència en autopista. Bàsicament aquestes proves recullen el mateix esforç realitzat en el banc de proves de Scutum però en un ambient realista.

En el banc de proves la moto es posa a màxima exigència de velocitat, per tant, a màxima exigència de la bateria, del controlador i del motor. El problema del banc de proves, com s'ha comentat abans, és l'entorn on es realitza. Posar l'S02 a rodar per autopista era doncs la solució a aquest problema.

Tot i avui en dia l'objectiu dels vehicles de Scutum només és urbà, s'està desenvolupant l'S01. Aquest vehicle, tot i també estar dirigit a un ús urbà, anirà dirigit a un ús particular. Això comporta el fet de voler arribar a usuaris que agafin cada dia la moto per anar a treballar i que, per tant, utilitzin amb freqüència les vies ràpides. Un

scooter de 125cc pot circular sense problemes per aquestes vies i si el que es pretén és comercialitzar un vehicle que pugui rivalitzar amb els scooters de 125cc, haurà de ser capaç de anar sense problemes per vies ràpides.

Així doncs, prenia més sentit el fet de realitzar proves en aquest tipus de vies i explorar els límits funcionals del vehicle.



**Figura 26:** Recorregut circuit alta intensitat

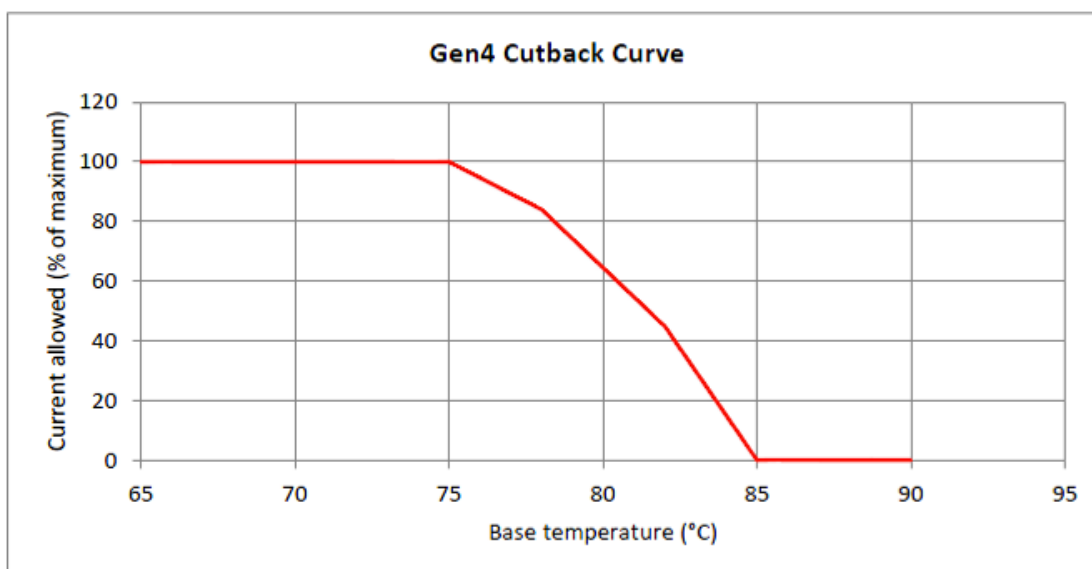
## 8. RESULTATS OBTINGUTS

### 8.1. Límits dels components

Abans d'analitzar quins han estat els resultats cal saber quins són els límits tèrmics de funcionament dels components.

#### Controlador

El controlador Gen4 de SEVCON instal·lat a la moto pot treballar a plena potència fins a una temperatura de 75 graus. Si la temperatura d'aquest aparell puja per sobre de l'esmentada, aquest s'auto-protegeix mitjançant una reducció de corrent progressiva i, per tant, una reducció de parell. Quan la temperatura d'aquest component arriba als 85 graus Celsius deixa de treballar.



**Figura 27:** Corba de funcionament del controlador

#### Motor

El comportament del motor és similar al comportament del controlador quan s'està arribant a temperatures límit. El motor, però, estableix el seu límit de màxima potència en els 110 °C. Una vegada assolida aquesta temperatura el corrent comença a baixar i amb ell el parell motor i la potència. En el moment en el que s'arriba als 120 graus el motor deixa de funcionar.

## Bateria

La bateria és l'element a priori més restrictiu en quant a temperatura límit, ja que aquesta és de només 55 graus. Quan s'assoleix aquesta temperatura s'activa el circuit de protecció del sistema de bateries i la moto es para.

## **8.2. Proves al banc**

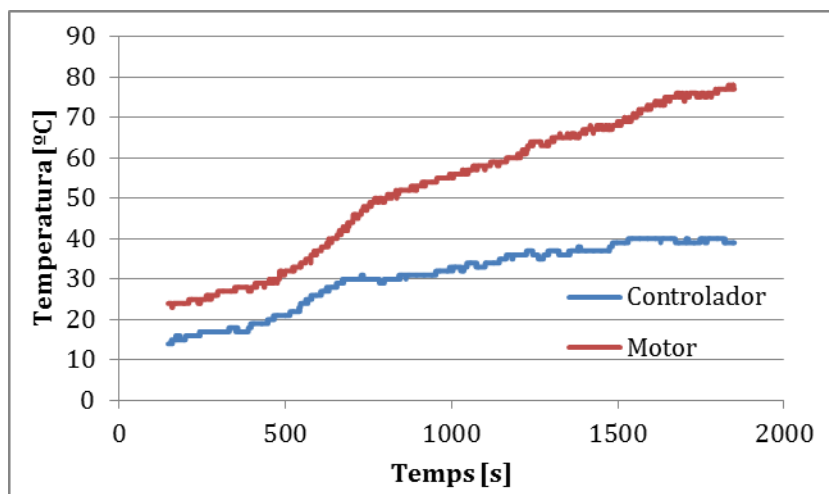
Com ja s'ha comentat aquestes proves es van realitzar principalment per agafar fluïdesa amb el control de l'aplicació que monitoritza les variables i per a conèixer la moto.

De cara a l'estudi del comportament tèrmic tant del motor com del controlador no té massa sentit analitzar les dades recollides per a extreure'n alguna conclusió. Sense recollir les dades ja es pot intuir quins van ser els resultats obtinguts: un augment gradual de les temperatures d'ambdós components a mesura que avançava el temps de prova.

## **8.3. Proves en ciutat**

El factor principal a destacar d'aquestes proves és que, en cap de les proves realitzades, es va arribar al límit tèrmic de cap component del vehicle. Aquests resultats ja es preveia que fossin així (amb totes les temperatures per sota del límit tèrmic de funcionament) ja que la moto està dissenyada per treballar sense problemes sota les condicions de treball que se li exigien en aquestes proves.

La figura 28 representa els resultats obtinguts en una prova realitzada el dia 25 de Novembre de 2015. Es pot observar com a partir dels 500 segons de prova el pendent de les dues rectes representades, que són les temperatures del motor i del controlador, augmenta considerablement. Això és degut a que pertanyen al tram ràpid del recorregut: la Ronda da Dalt. Cap als 750 segons, que no vol dir els 750 segons de la prova sinó de la gràfica, es surt d'aquest tram ràpid per entrar a fer un tram de ciutat.



**Figura 28:** Resultats prova en ciutat

Es pot observar com les gràfiques deixen de tenir el paral·lelisme que havien tingut fins aquest instant. Mentre que la temperatura del motor segueix pujant, el controlador passa a tenir un caràcter més estable.

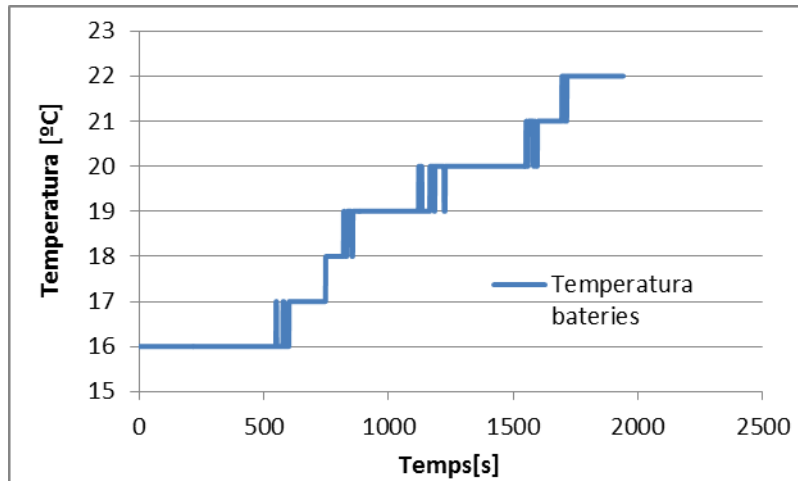
Pel que fa al motor es distingeix un canvi en el augment de temperatura per unitat de temps. No és tant acusat com al tram de la Ronda ja que no se li exigeix tant, però refrigera menys ja que al anar a velocitats més baixes ens trobem amb més dificultat d'evacuar calor per convecció.

Es pot observar també que una vegada fora del tram ràpid l'escalfament es manté pràcticament lineal, amb difícil distinció de on es troba el tram ràpid de tornada.

En els últims minuts de la prova, degut a que coincidia amb un tram urbà molt lent, la temperatura no pujava.

Pel que fa al controlador, com ja s'ha comentat, els problemes d'escalfament semblen molt menors. Hi ha un ràpid escalfament fins a arribar a la temperatura de 30 graus Celsius, però més enllà d'aquest punt i coincidint amb el final del tram més exigent, sembla ser un component que no pateix masses problemes d'escalfament.

La bateria per la seva banda tampoc ha patit en cap moment, quedant-se molt lluny de la temperatura crítica de 55 graus Celsius.

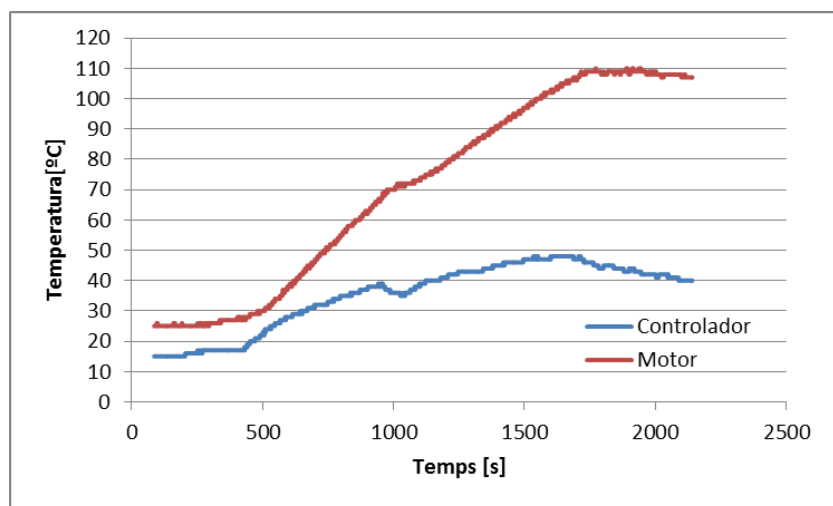


**Figura 29:** Resultats prova 25/11

La resta de dades obtingudes en aquestes proves es troben als annexos.

## 8.4. Proves en autopista

Ha estat en aquestes proves on s'ha arribat al límit tèrmic de funcionament d'alguns components. En concret del motor i de la bateria. El disseny d'aquestes proves es va fer amb aquest propòsit, per tant s'han trobat els resultats que es buscaven.



**Figura 30:** Resultats obtinguts en una prova d'alta intensitat

La figura 30 mostra la primera prova d'aquest tipus que s'ha realitzat. Es pot apreciar



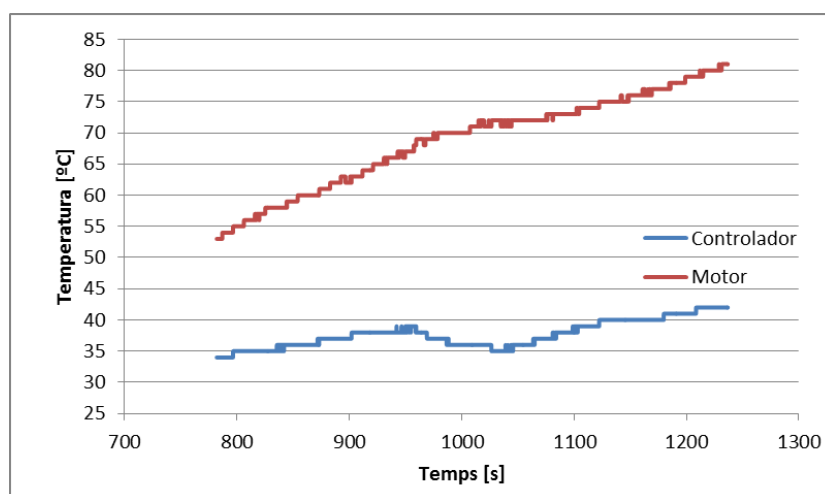
clarament, sobretot en la gràfica de la temperatura del motor, la diferenciació entre els trams ràpid i els trams urbans del recorregut. Es pot observar clarament que hi ha una mena de simetria quan s'arriba als 1000 segons transcorreguts de la prova. Aquest és el punt on s'arribava a la meitat del recorregut i es donava la volta.

Pel que fa al motor es pot observar clarament com l'augment de temperatura sembla no tenir límit. S'ha donat la casualitat que el tram exigent de la prova es va acabar justament quan el motor arribava al seu límit tèrmic de funcionament, els 110 graus Celsius. De fet aquest ha estat el resultat obtingut en totes les proves: el motor, en el tram final del recorregut, s'ha quedat a prop o inclús ha superat en alguns casos els límits de la seva zona de treball.

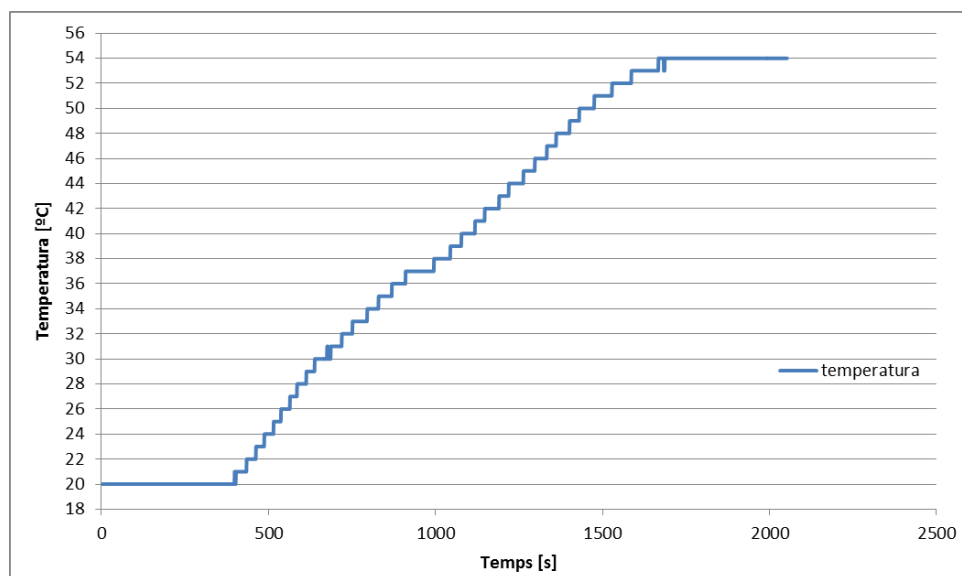
Pel que fa al controlador es pot observar com sembla que a cada grau que augmenta de temperatura li costa més pujar al següent. Tal és això que, tot i estar en ple tram d'autovia (punt dels 1500 segons), el controlador no augmenta la seva temperatura. Es pot afirmar amb tota tranquil·litat, per tant, que el controlador no pateix cap tipus de problema tèrmic en el seu funcionament. Tot i que pugui semblar en un inici que així és, per la seva situació d'encaixament, les proves realitzades han mostrat que la dissipació tèrmica de que gaudeix l'aparell és suficient.

Aquesta és la principal diferència entre el motor i el controlador, en termes de refrigeració. Si s'observa la figura 30 es pot veure com el controlador aprofita qualsevol "descans" en la demanda de potència per a baixar la seva temperatura, mentre que en el motor aquesta refrigeració és inexistent. En el punt central de la figura 30 es pot observar com, mentre el motor manté la temperatura, el controlador es refrigera al voltant d'uns 5 graus. La figura 31 ho mostra amb més detall.

**Figura 31:** Detall de la refrigeració del controlador

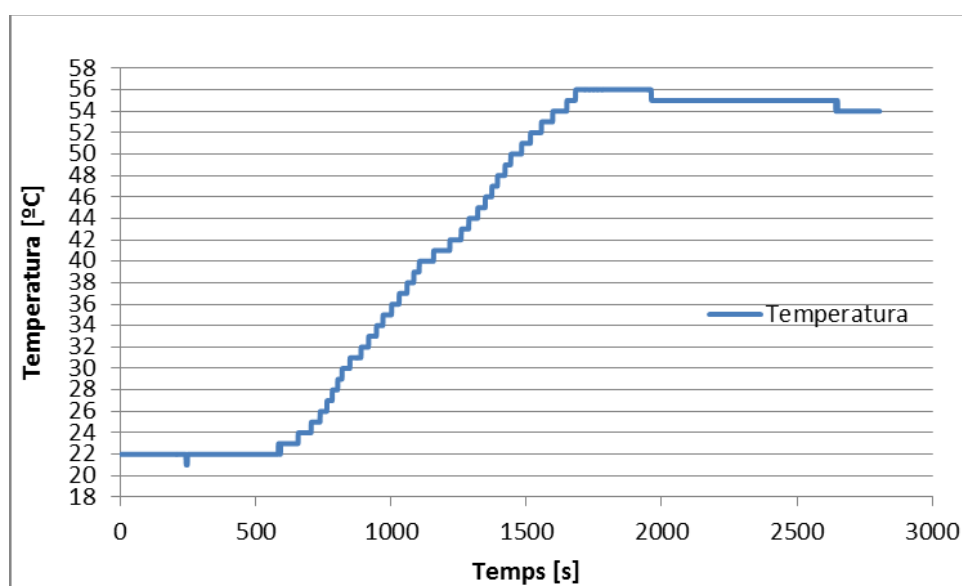


Pel que fa a la bateria sabem que el circuit de protecció que talla l'activitat del Battery pack salta quan s'arriba als 55 graus Celsius. Observant la figura 32 es pot observar com la temperatura de la bateria assolida és massa pròxima al límit i és probable que si la prova s'hagués allargat 5 ó 10 minuts més hagués arribat a aquest punt.

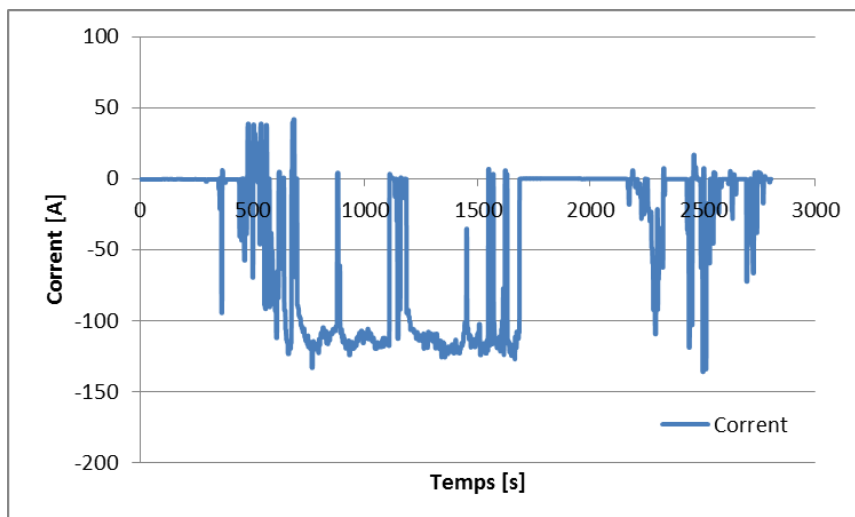


**Figura 32:** Temperatura de la bateria en una prova d'alta intensitat

**Figura 33:** Resultats temperatura de la bateria

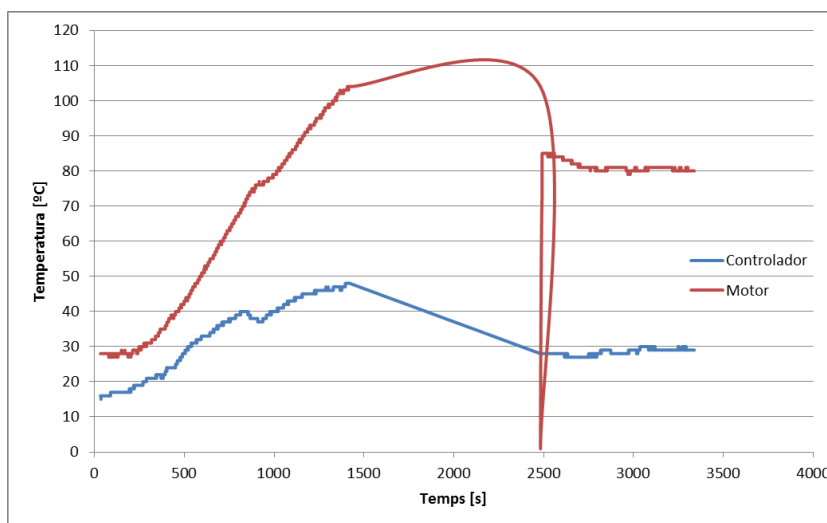


Aquests resultats, però, s'acosten als límits, però no hi arriben. És interessant, per tant, analitzar què passa quan sí que s'arriba a aquests límits. La figura 33 mostra els resultats obtinguts en una altre prova realitzada. En aquest cas sí que es va arribar al límit de temperatura de la bateria.



**Figura 34:** Resultats de la intensitat lliurada al motor durant una prova

Es pot apreciar com en el moment en que la temperatura de la bateria arriba als 55 graus Celsius s'activen les proteccions configurades en el battery pack i el controlador deixa de rebre corrent de la bateria, com es pot observar en la figura 34. Si ens fixem en les temperatures recollides també es pot observar clarament en quin punt salta el circuit de protecció de la bateria.

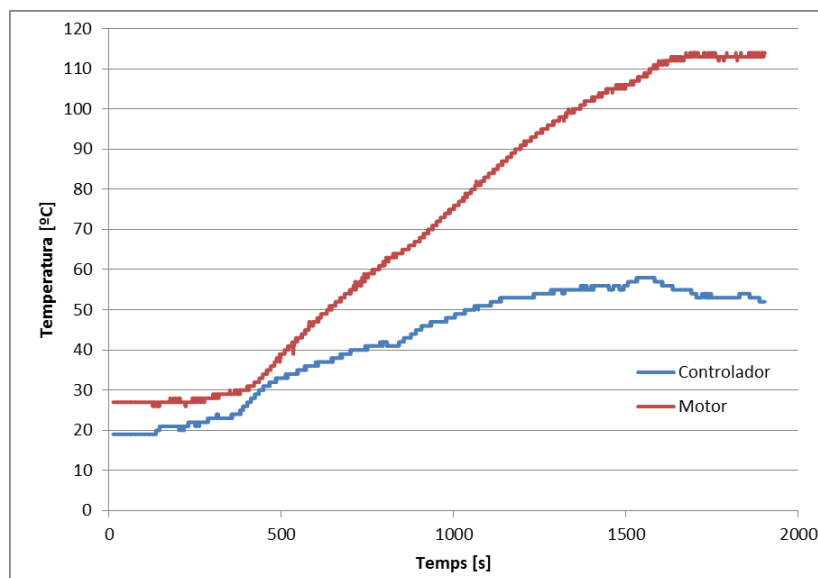


**Figura 35:** Resultats temperatures motor i controlador

Clarament es veu com cap als 1500 segons de prova es para la moto. Tant la temperatura del controlador com la del motor, després de fer aquesta última uns estranys, han començat a disminuir. Durant el temps en que la temperatura de la bateria ha estat superior als 55 graus Celsius, i inclús una estona en la que era ja de 55, la moto no s'ha engegat. Al cap de pràcticament 20 minuts de parar-se la moto ha tornat a engegar i es s'ha pogut acabar la prova.

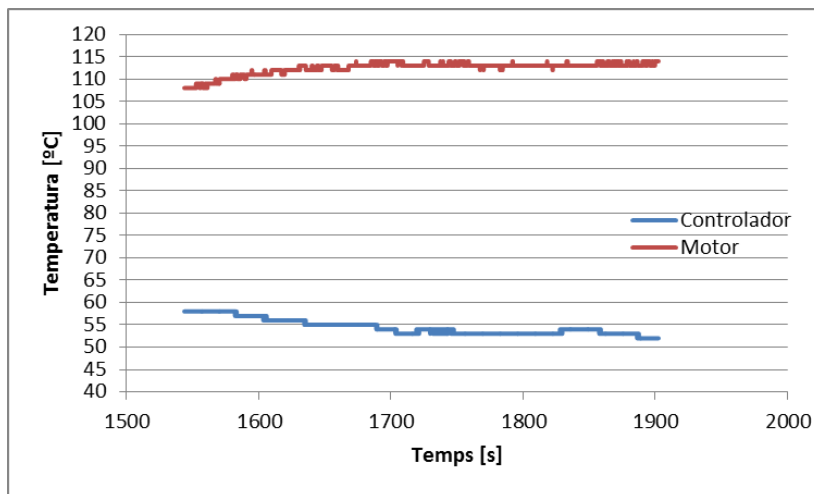
En aquesta prova s'ha arribat al límit tèrmic de la bateria i els efectes d'això han estat immediats: la bateria talla el subministrament de corrent i la moto es para. Això ha succeït molt cap al final de la prova, quan s'estava a punt d'arribar al tram urbà on ja les temperatures dels components deixen d'augmentar.

La figura a continuació, la número 36, mostra una altre prova realitzada. Aquesta prova és interessant ja que en aquest cas ha estat el motor el que ha superat el seu límit de funcionament. Com es pot observar això succeeix cap al final de la prova.



**Figura 36:** Resultats temperatures motor i controlador

En aquest cas les conseqüències han estat diferents a quan el límit superat ha estat el de les bateries. La principal diferència ha estat que en aquest cas la moto no es para. Això és degut principalment a que el límit del motor no es troba a 110°C, es troba a 120, però quan s'arriba als 110 graus Celsius el motor baixa el seu rendiment per evitar el màxim possible arribar a aquesta temperatura. En cas de superar-se aquesta temperatura la moto es pararia, però és un fet que no s'ha arribat a presenciar fora del banc de proves.



*Figura 37: Detall del tram final dels resultats de la figura 36*

La temperatura assolida, com es pot observar, no ha superat els 115 graus Celsius en el motor, mentre que en el controlador no ha arribat a superar el 60 graus, temperatura encara lluny del seu límit.

## 8.5. Conclusions

Com a conclusions d'aquestes proves realitzades es pot extreure que els problemes principals de temperatura s'han manifestat en el motor i la bateria. El controlador per tant queda fora de perill, ja que en cap cas s'ha arribat a apropar a menys de 15 graus de la seva temperatura crítica. Malgrat això aquest component no quedarà fora de l'estudi de solucions ja que s'ha de recordar que aquestes proves s'han dut a terme a l'hivern i que la mateixa prova feta a l'estiu podria tenir resultats diferents.

## 9. Solucions proposades

### 9.1. Motor

La solució més comú a l'hora de refrigerar el motor d'una moto és fer-ho amb un sistema de refrigeració per aigua o amb un sistema de refrigeració per aire (mitjançant un ventilador).

Però en aquest cas cap d'aquestes solucions podia ser integrada, com a mínim no en un estudi preliminar. El motiu principal és que el motor a les motocicletes de Scutum va integrat a la roda posterior. I aquest motor (de fet és el rotor del motor) gira solidari amb la roda.

Sent això així quedava descartat un sistema de refrigeració per aigua. Però també quedava descartat el sistema de refrigeració per aire convencional, que basa el seu funcionament en un ventilador. Així doncs, no eren masses les opcions a contemplar.

Tenint en compte la magnitud de l'estudi i el temps disponible per trobar una solució eficient, tant econòmica com funcionalment, només quedaven dues opcions: o bé foradar la llanta per tal que el motor pogués "respirar" millor, o bé implantar un sistema d'aletes a la part exterior de la llanta per augmentar la transferència de calor. Una solució intermèdia podia ser la de canviar simplement el material de la llanta que cobreix el motor per un altre que permetés un millor intercanvi de calor amb l'aire exterior.

#### Solució estudiada

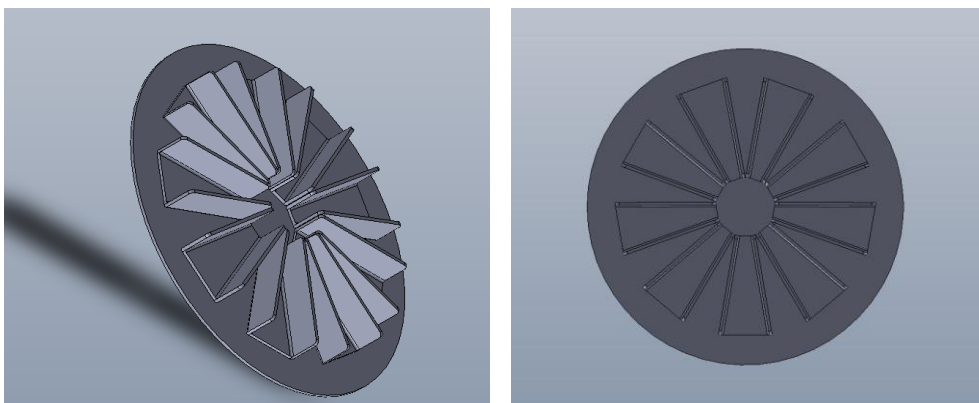
Deixar els mecanismes d'un motor descoberts el fa vulnerable a possibles fallides de funcionament ocasionades per objectes o substàncies provinents de l'exterior que puguin entrar. Essent això així la solució estudiada va ser la de implantar aletes a la llanta del motor.

El motiu d'això és que aquesta semblava ser la única solució viable, tenint en compte que es busca una solució efectiva, ràpida i de baix cost econòmic.

El que s'ha intentat demostrar és, per tant, que la integració d'un sistema d'aletes a la llanta del motor augmentaria la transferència de calor entre el motor i l'ambient.

La inserció d'un sistema d'aletes per refrigerar objectes és segurament la solució més coneguda i una solució que pràcticament sempre dóna bons resultats.

Es va dissenyar un sistema molt rudimentari d'aletes per tal de fer una primera aproximació a la solució desitjada. Tot i que, en aquest cas, el disseny és tant important com la funcionalitat, si la solució no és efectiva no caldrà fer-ne un disseny més òptim després.



**Figura 38:** Aletes dissenyades per al motor

Els planells d'aquestes aletes es troben als annexos.

En aquest estudi es va fer una comparació de:

- Resistència entre els dos fluids sense aletes.
- Resistència entre els dos fluids amb aletes.

## 9.2. Controlador

El controlador està ubicat en una posició complicada. Està encaixat entre la bateria, el seient del conductor i el carenat. Per tant, no té massa espai ni per a respirar, ni per a incorporar solucions. Tot i això, no és un problema crític. Com ja s'ha demostrat el controlador no pateix excessius problemes de escalfament, però s'ha de tenir en compte també l'època de l'any en la que s'ha realitzat l'estudi, que ha estat l'hivern.

### Solucions proposades

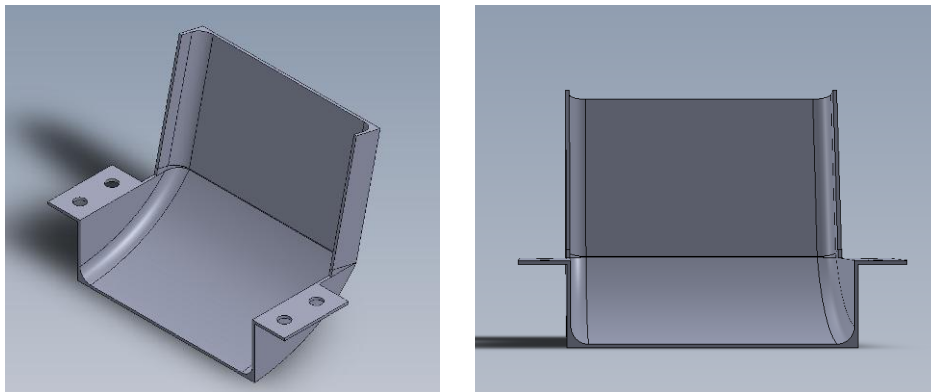
Una solució vàlida seria dissenyar un sistema de refrigeració, però això és molt complexa i costós. A part d'això també suposaria incloure molt elements nous com un radiador, un ventilador, bombes d'aigua, etc. I no hi ha massa lloc per a ubicar tots aquests elements.

Però aquesta no era la única solució possible. Hi havia una altre solució que podria ser vàlida. Aquesta era la de reubicar el controlador i posar-lo a la part frontal del vehicle. Canviar tot seguit el carenat per un que incorporés unes ranures per on pogués entrar l'aire i així poder refrigerar per aire directament el controlador. Sense haver de fer res més.

Aquest sistema, però, no estava exempt de problemes. El primer era que s'havia de canviar tot el cablejat de la moto. Al reubicar el controlador canviava també la llargada dels cables del sistema elèctric. Per tant, es tindria que redissenyar el sistema pràcticament des de zero.

Un altre problema d'aquesta proposta era el canvi que es produïa en la dinàmica del vehicle. El controlador és un element mitjanament pesat i posar-lo en la part frontal, i en una posició més elevada podria afectar notablement la distribució de masses del vehicle i conseqüentment la bona dinàmica del mateix.

Una altre possible solució que s'ha tingut en compte ha estat la d'incorporar un element a la part inferior del vehicle que desviés aire cap al controlar i d'aquesta manera el refrigerés.



**Figura 39:** Deflector dissenyat per a la refrergeració del controlador



Aquesta s'ha finalment desestimat pel fet que implica afegir un element extern aparató que distorsiona el disseny del vehicle.

### Solucions estudiades

Cap d'aquestes solucions va ser finalment l'estudiada. S'ha decidit estudiar-ne una igualment vàlida i molt menys costosa, a la par que senzilla.

La solució estudiada ha estat la incorporació d'unes aletes. Entre la capsa del battery pack i el controlador es disposa d'un espai d'uns 3 – 4 cm, ideal per a col·locar un sistema d'aletes. Seguint aquesta solució s'ha compraria un bloc d'alumini per a mecanitzar unes aletes que es poguessin encabir a l'espai disponible.



**Figura 40:** Aletes dissenyades per al controlador

Els planells d'aquesta peça es troben als annexos.

Aquesta solució és la que té més possibilitats de ser realment implantada a la moto, en cas que el rendiment entregat sigui satisfactori, per diversos motius. Com que és molt més econòmic (els més barats tenen un preu inferior a 1€), el mercat està ple de dissipadors de calor estandarditzats (per tant de ràpid accés) o que no pertorba l'estètica del vehicle.

### 9.3. Bateria

Tot i que aquest element quedava en un principi fora de l'abast del projecte i ja que s'estaven analitzant solucions per alguns dels components conflictius, es va decidir proposar solucions, sense entrar a estudiar-les.

#### Solucions proposades

El primer en tenir en compte era que el battery pack, que és realment del que parlem quan parlem de la bateria, està ubicat dins d'una caixa metàl·lica. Això suggeria la possibilitat que refrigerar la capsa per l'exterior no fos suficient.

A l'S02, per garantir el correcte funcionament, les bateries es segellen amb silicona. Fent-les estanques. Refrigerar els components interiors tenia doncs una única possible solució. Aquesta tornava a recaure en el món dels circuits de refrigeració. Però aquesta solució tornava a plantejar els mateixos problemes esmentats: la necessitat d'un estudi complex i l'encariment del preu del vehicle.

Una solució per a la bateria no quedava, per tant, suficientment clara.

## **10. Resultats obtinguts amb les solucions proposades**

### **10.1.Motor**

En les proves realitzades en autopista s'ha vist com el motor patia de problemes tèrmics. És cert que s'ha arribat a aquests problemes quan se li ha donat un ús a la moto per al qual no va ser dissenyada, ja que és una moto urbana, però el recorregut que s'ha realitzat a les proves és un recorregut que realitza molta gent diàriament. Cada dia a Barcelona vénen a treballar milers de persones, i moltes d'elles ho fan en moto. Al estudiar una solució per als problemes del motor en autopista es pot augmentar la diversitat de clients als quals pot anar destinada la moto, com per exemple algú que visqui a Gavà i vingui cada dia a treballar a Barcelona.

Com s'ha comentat anteriorment la solució proposada per a refrigerar el motor és la integració sobre la llanta d'un sistema d'aletes senzill. Per a determinar la validesa d'aquest sistema s'han fet uns càlculs teòrics per comparar la resistència de transferència de calor amb l'aire que ofereix el motor de sèrie i la proposta d'aletes.

Aquests càlculs, així com el sistema d'aletes dissenyat, s'han d'entendre com una primera aproximació de la solució final.

#### **10.1.1. Càlculs teòrics**

A continuació s'exposen els càlculs que s'han realitzat per a la validació teòrica de la implantació d'aletes. L'objectiu principal de l'estudi ha estat demostrar que el sistema d'aletes implantat ofereix menys resistència en la transferència de calor del motor amb l'ambient. Demostrant que ofereixen menys resistència s'està demostrant alhora que intercanviaran més calor amb l'aire.

Per tal de realitzar els càlculs que es presenten a continuació amb certa lleugeresa s'han considerat un seguit de simplificacions. Aquestes han estat:

- S'ha considerat la llanta com una placa plana quadrada amb l'ample i la llargada iguals al diàmetre d'aquesta.
- S'ha agafat un coeficient de convecció extern mig per a tota la placa.
- S'ha considerat, per al càlcul del coeficient de convecció intern, que dins de la llanta trobem aire en repòs.
- S'ha considerat que les aletes són només les ales de la U i que la base està integrada a la llanta.
- Per a la resistència de contacte s'ha agafat un valor mig trobat experimentalment.

A tal efecte, els càlculs a realitzar han estat:

- Sense aletes

#### *Equació 1. Resistència sense aletes*

$$R_{total} = R_{convecció\ int} + R_{conducció} + R_{convecció\ ext}$$

$$R_{total} = \frac{1}{h_i \cdot S_{llanta}} + \frac{x}{\lambda_{llanta} \cdot S_{llanta}} + \frac{1}{h_{\infty} \cdot S_{llanta}}$$

- Amb aletes

#### *Equació 2. Resistència amb aletes*

$$R_{total} = R_{convecció\ int} + R_{conducció} + R_{convecció\ ext} + R_{contacte}$$

$$R_{total} = \frac{1}{h_i \cdot S_{llanta}} + \frac{x}{\lambda_{llanta} S_{llanta}} + \frac{1}{h_{\infty} \cdot (A_{pr} + A_{aletes} \cdot N_{aletes} \cdot \eta_{aletes})} + R_{contacte}$$

S'ha agafat per a les variables els valors constants de:

- Coeficient de convecció intern corresponent a aire en repòs:  $h_i = 10 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
- Àrea primària de les aletes:  $A_{pr} = 0,0772 m^2$
- Superfície de la llanta:  $S_{llanta} = 0,0829 m^2$
- Àrea total de les aletes:  $A_{aletes} = 0,1223 m^2$
- Gruix de la llanta:  $x = 3 mm$
- Conductivitat tèrmica:  $\lambda_{llanta} = 209 \frac{W}{K \cdot m}$
- Nombre d'aletes:  $N_{aletes} = 18$
- Resistència de contacte de les aletes:  $R_{contacte} = 0,000125 \frac{K}{W}$

Altres valors, com el coeficient de convecció de l'entorn i, per extensió, l'eficiència de

les aletes  $\eta$ , depenen de la velocitat. Per a cada velocitat els valors trobats han estat:

u(km/h)	u (m/s)	h (W/m <sup>2</sup> ·K)
40	11,11	47,306
50	13,89	56,315
60	16,67	64,933
70	19,44	73,21
80	22,22	81,259

Taula 9. coeficient de convecció en funció de la velocitat

Degut a que hi ha paràmetres dins l'equació utilitzada per a calcular les resistències que són variables s'han obtingut les següents taules de resultats:

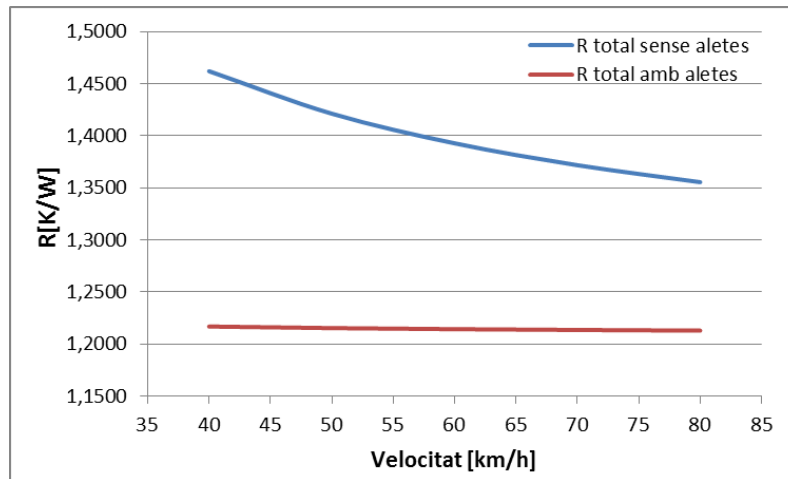
SENSE ALETES				
<b>h</b> <b>(W/m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>R conv int</b> <b>(K/W)</b>	<b>R cond</b> <b>(K/W)</b>	<b>R conv ext</b> <b>(K/W)</b>	<b>R total</b> <b>(K/W)</b>
<b>47,306</b>	1,2063	0,00072	0,254993577	<b>1,4620</b>
<b>56,315</b>	1,2063	0,00072	0,214200944	<b>1,4212</b>
<b>64,933</b>	1,2063	0,00072	0,185771891	<b>1,3928</b>
<b>73,21</b>	1,2063	0,00072	0,164768832	<b>1,3718</b>
<b>81,259</b>	1,2063	0,00072	0,148447879	<b>1,3555</b>

*Taula 10. Valors resistència tèrmica sense altes, en funció de h*

AMB ALETES						
<b>h</b> <b>(W/m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>R conv int</b> <b>(K/W)</b>	<b>R cond</b> <b>(K/W)</b>	<b>Eficiència</b> <b>aletes</b>	<b>R conv aletes</b> <b>(K/W)</b>	<b>R contacte</b> <b>(K/W)</b>	<b>R total</b> <b>(K/W)</b>
<b>47,306</b>	1,2063	0,00072	0,9518	0,00973	0,000125	<b>1,2169</b>
<b>56,315</b>	1,2063	0,00072	0,9432	0,00824	0,000125	<b>1,2154</b>
<b>64,933</b>	1,2063	0,00072	0,9352	0,00721	0,000125	<b>1,2144</b>
<b>73,21</b>	1,2063	0,00072	0,9276	0,00644	0,000125	<b>1,2136</b>
<b>81,259</b>	1,2063	0,00072	0,9204	0,00585	0,000125	<b>1,2130</b>

*Taula 11. Valors resistència tèrmica amb aletes en funció de h*

S'han graficat els resultats de manera que fer la comparació i analitzar resultats sigui més senzill:



**Figura 41:** Comparació resistències tèrmiques

Analitzant els resultats es pot veure com, segons els càlculs teòrics realitzats i tal com cabia esperar, la resistència a la transferència de calor que ofereix la llanta sense aletes és major que la resistència que ofereix el sistema amb aletes.

També s'observa com, mentre el valor de la resistència sense aletes va disminuint a mesura que augmenta la velocitat, el mateix valor amb aletes es manté pràcticament constant independentment de la velocitat del vehicle. Això és degut principalment a que el factor variable dins l'equació de la resistència amb aletes és d'un ordre de magnitud molt petit i pràcticament no té efecte sobre el resultat global.

Percentualment, si agafem el punt de més alta velocitat:

*Equació 3. Millora percentual de la resistència amb aletes*

$$\frac{R_{\text{sense aletes}} - R_{\text{amb aletes}}}{R_{\text{sense aletes}}} \cdot 100 = \frac{1,3555 - 1,213}{1,3555} \cdot 100 = 10,51 \%$$

Això ens indica que, en el cas en que la llanta sense aletes ofereix menys resistència el sistema amb aletes ofereix un 10,51% menys de resistència a la transferència de calor amb l'ambient.

Amb aquest resultat ha quedat demostrat que, dins del marc teòric estudiat, la resistència que ofereix el sistema amb aletes és menor que la resistència oferta per la llanta sense aletes.

Aquests càlculs, però, han tingut en compte una temperatura d'ambient de 15 °C. Però a l'estiu segurament la situació sigui diferent, i amb la temperatura d'ambient més elevada la transferència de calor serà menor. La transferència de calor amb l'ambient ve determinada per:

*Equació 4. Equació de la transferència de calor*

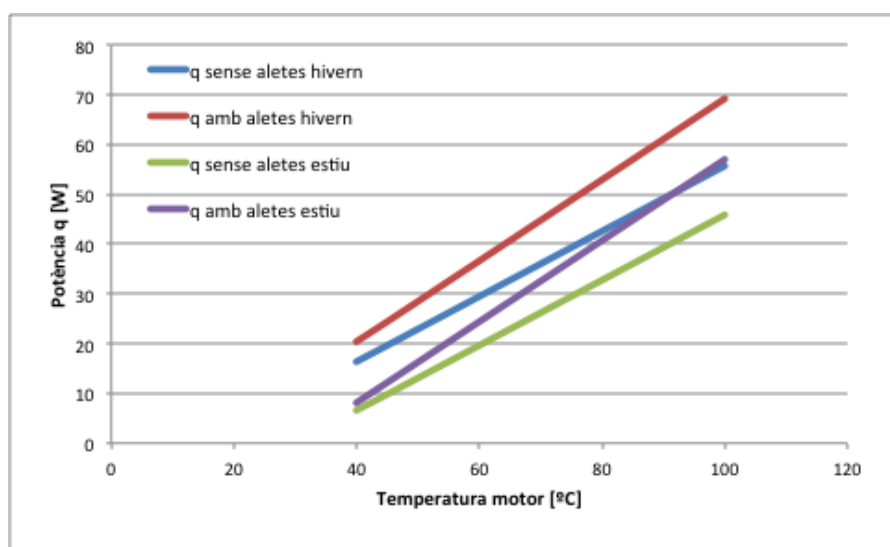
$$q = \frac{T_i - T_{\infty}}{R}$$

És evident que si la temperatura de l'ambient ( $T_{\infty}$ ) augmenta, el numerador disminueix i, per tant, la potència transferida ( $q$ ) és menor.

És per aquest motiu que s'ha fet una comparació de les potències transferides donades diferents situacions. Aquesta comparació s'ha fet fixant la velocitat de marxa ja que la resistència depèn de la velocitat, entre d'altres paràmetres.

Per a les temperatures s'han considerat els 15°C com a temperatura de l'ambient a l'hivern i 30°C per a la temperatura de l'ambient a l'estiu.

La figura 42 mostra la transferència de potència a 30 km/h. Aquesta velocitat s'ha agafat com a exemple de velocitat baixa.



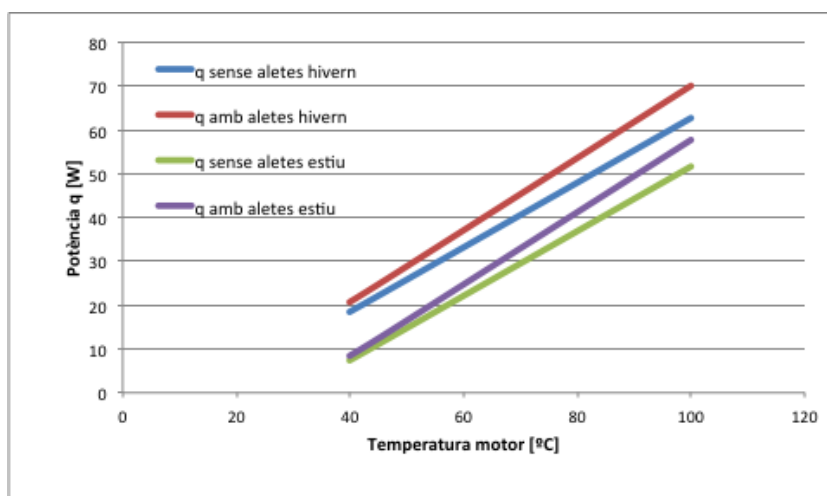
**Figura 42:** Comparació de potències a 30 km/h



En aquesta figura es pot observar com a l'estiu, i una vegada el motor fos calent, la potència transferida pel sistema amb aletes seria la mateixa que la potència transferida a l'hivern per la roda sense aletes.

Malgrat això, si es vol ser rigorós, s'ha de considerar que anant a una velocitat de 30km/h el motor no es preveu que arribi a una temperatura de 100 graus Celsius.

La figura 43 mostra la transferència de potència a 80 km/h. Aquesta velocitat s'ha agafat com a exemple de velocitat alta.



**Figura 43:** Comparació de potències a 80 km/h

En aquest cas el més raonable és centrar-se en la part mitja-alta per al rang de temperatures del motor, ja que anant a 80 km/h el motor segurament arribarà a temperatures altes.

Es pot observar com a mesura que augmenta la temperatura del motor la potència transferida per la llanta amb aletes a l'estiu va apropant-se als valors teòrics de la llanta sense aletes a l'hivern, degut al menor pendent de la recta d'aquest últim cas.

### 10.1.2. Proves realitzades amb la solució integrada

Des de Scutum s'ha decidit integrar la solució per a provar si els resultats obtinguts en la teoria, tot i les simplificacions considerades, té un efecte clar en la pràctica.

Aquest ha estat el resultat d'integrar el sistema d'aletes a la llanta posterior del vehicle:



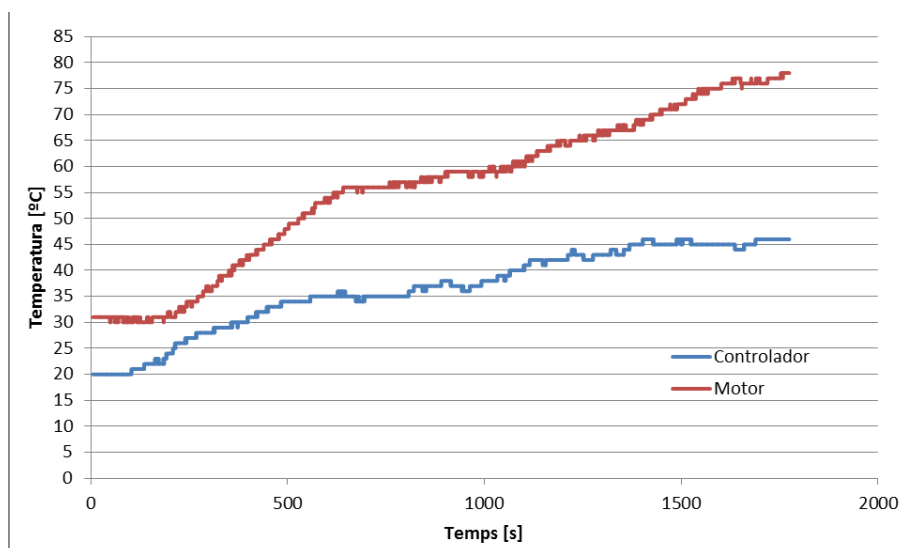
**Figura 44:** Aletes implantades al motor

### Proves de ciutat

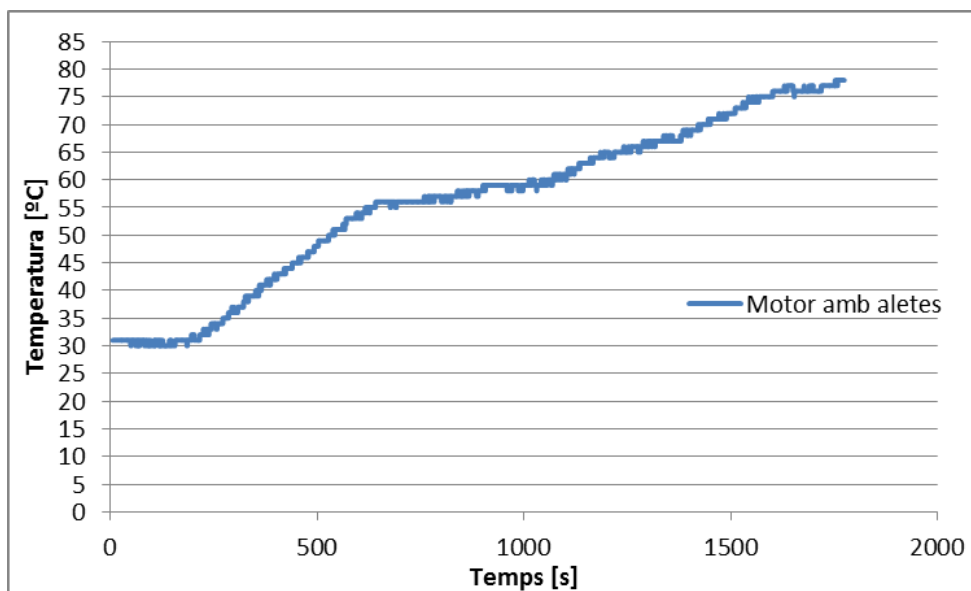
Les primeres proves dutes a terme han estat les proves en ciutat. S'ha seguit el mateix recorregut que es va seguir amb la moto sense aletes i s'han analitzat les mateixes variables per a comparar-ne els resultats.

La figura 45 mostra els resultats obtinguts per al motor i el controlador en una de les proves realitzades, en concret realitzada el dia 1 de desembre de 2015. Resultats que s'han comparat amb els obtinguts en un prova del mateix tipus però sense aletes.

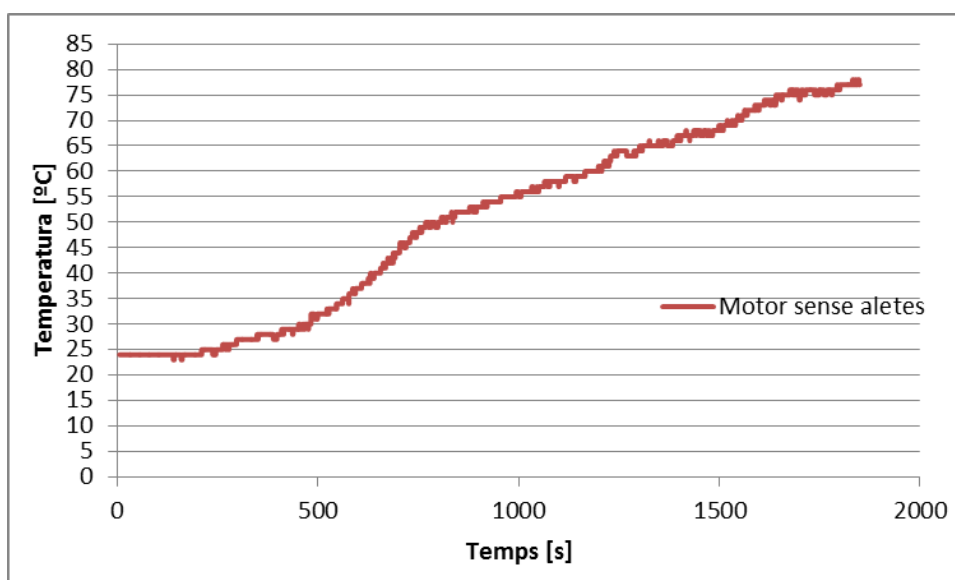
**Figura 45:** Resultats obtinguts amb les aletes implantades



**Figura 46:** Resultats d'una prova del motor amb aletes



**Figura 47:** Resultats d'una prova del motor sense aletes



En les figures 46 i 47 es pot comparar entre dues proves del tipus ciutat que s'han realitzat amb una moto amb i sense aletes respectivament.

En ella es pot observar principalment com la temperatura final a la qual s'arriba en les dues proves ha estat pràcticament idèntica. De la mateixa manera que ens els casos que s'han analitzat anteriorment es poden diferenciar les zones ràpides de les lentes, ja que en els trams ràpids la gràfica de la temperatura té un pendent major.

Si s'observa la figura amb detall es pot observar com les temperatures inicials són diferents. Mentre en el cas de la moto amb aletes la temperatura inicial ha estat de 31 graus Celsius, en la prova de la moto sense aletes va ser de 24 graus. Aquesta diferència es pot haver estat deguda a que es fes ús de la moto amb aletes abans de la prova realitzada. De la mateixa manera també es pot observar com l'augment de temperatura en la moto amb aletes en el tram ràpid ha estat de 25 graus (dels 31 inicials als 56 finals). La mateixa dada en el cas de la moto sense aletes ha estat de 26 graus (dels 24 inicials als 50 finals).

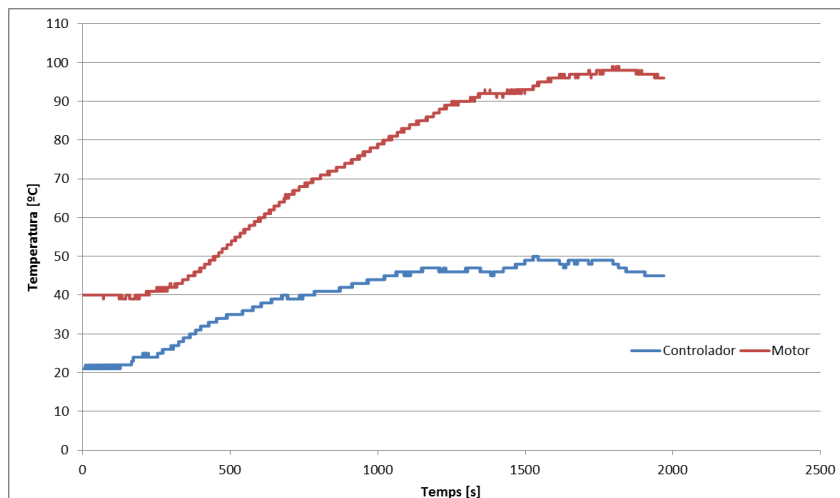
En el següent tram de les gràfiques és on es pot percebre la diferència entre els dos sistemes. S'observa que en el cas amb aletes la temperatura deixa d'augmentar quan s'entra en el tram urbà (dels 600 als 1000 segons). En canvi en la moto sense aletes continua augmentant, tot i que a un ritme més suau.

Globalment, per tant, sí que es nota la major eficiència del sistema amb aletes ja que en una prova amb el mateix recorregut s'ha aconseguit un augment de la temperatura 7 graus menors a la moto estàndard.

#### Proves d'alta intensitat

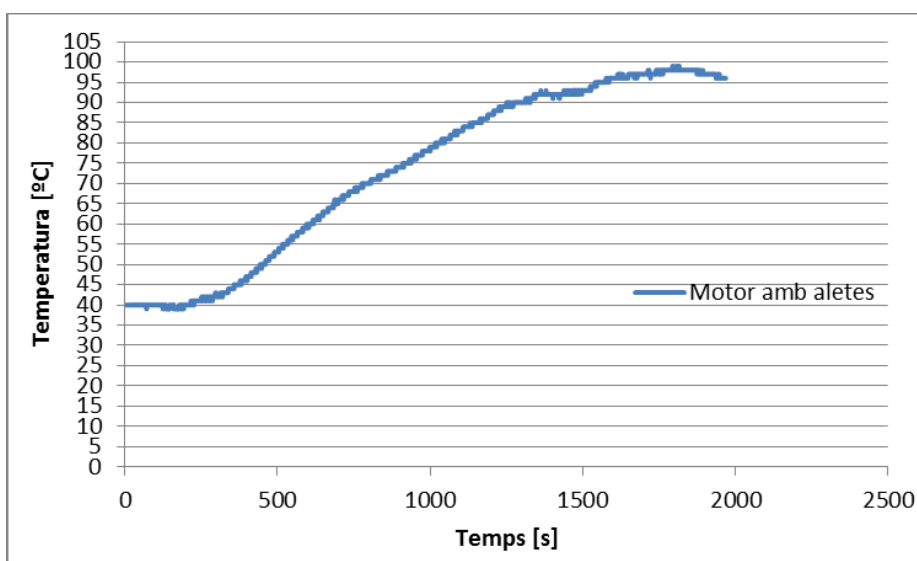
Posteriorment a les proves en ciutat s'ha realitzat una prova d'alta intensitat. Degut a que per a fer aquestes proves s'ha hagut d'instal·lar el sistema d'aletes no ha quedat marge per a realitzar més que una prova. Els resultats obtinguts en aquesta prova es poden observar a la figura 48.

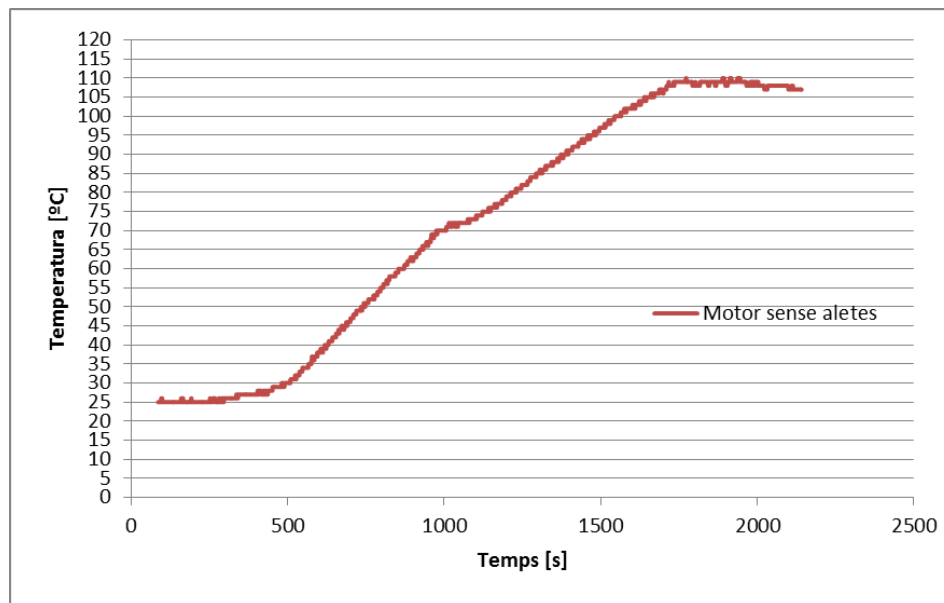
**Figura 48:** Resultats d'una prova d'alta intensitat del motor amb aletes



El fet més important a destacar és la temperatura assolida al final del recorregut de la prova. Aquesta temperatura no ha arribat als 100°C, cosa que en les mateixes proves realitzades amb la moto sense aletes no va passar. Per tal de veure amb més claredat la diferència entre els resultats obtinguts en aquesta prova i els resultats obtinguts en una prova amb el vehicle de sèrie s'ha fet una comparació entre les dues tipologies de proves. Les figures 49 i 50 mostren una comparativa de temperatures.

**Figura 49:** Temperatures registres pel motor amb aletes

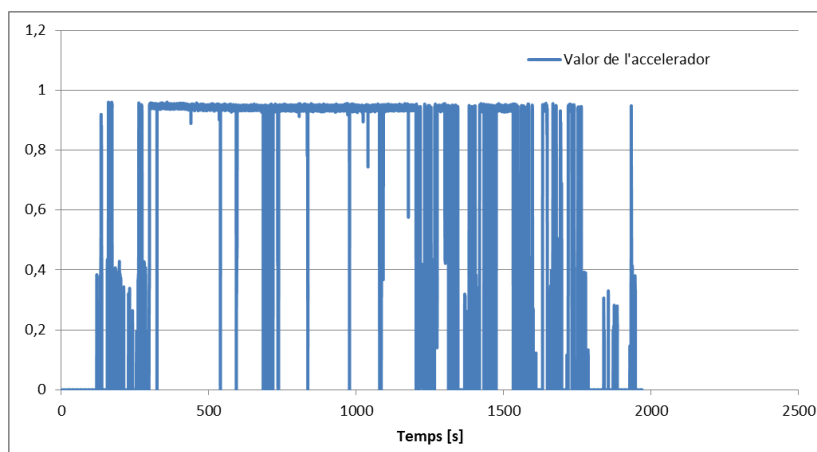


**Figura 50:** *Temperatures registres pel motor sense aletes*

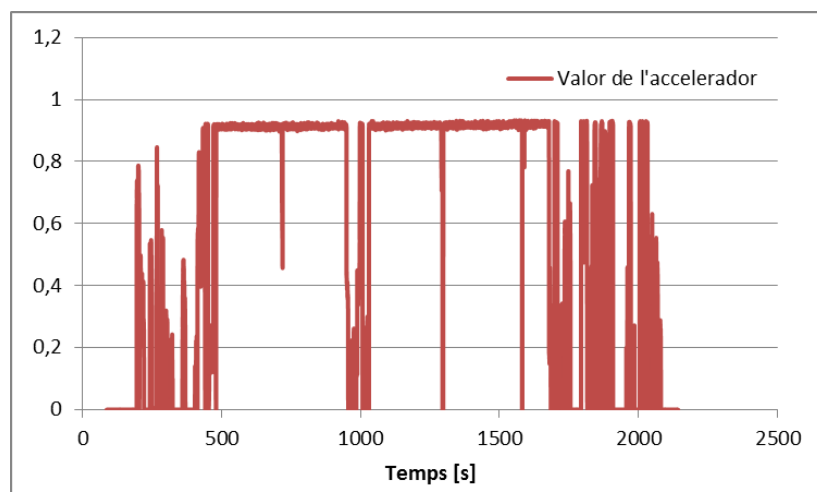
Pel que fa a la figura 49 es pot observar com, tot i l'exigència de la prova, el motor no ha arribat als 100 graus centígrads. A més a més, cal destacar que la temperatura inicial del motor era ja alta, de uns 40 graus. L'augment de temperatura al llarg de la prova ha estat, per tant, de uns 60 graus Celsius.

Per altre banda, la figura 50 mostra els resultats obtinguts en una prova realitzada sense el sistema d'aletes integrat on la temperatura final assolida durant la prova ha estat de 110 graus. Si, es té en compte que la temperatura inicial voltava els 25 graus, l'augment de temperatura total al finalitzar la prova ha estat de 85 graus Celsius.

Amb aquestes dades a la mà la millora és substancial. Però hi ha un factor que no s'ha mencionat fins ara que en aquest tipus de proves assoleix un pes important: el trànsit. Al ser proves en autopista hi ha una diferència considerable en la velocitat mitja del trajecte depenent de la densitat de vehicles a la via. Per a ser totalment objectius s'ha de tenir en compte que una prova, la realitzada amb la moto sense aletes, s'ha realitzat al voltant de les 10h mentre que l'altre, la de la moto amb aletes, s'ha realitzat a les 16h, on la densitat de trànsit era major. Aquest efecte es pot apreciar si es representen els valors de l'accelerador en cada moment. Aquest valor s'apropa a 1 quan s'està accelerant al màxim.



**Figura 51:** Valors de l'accelerador en la prova amb el motor amb aletes



**Figura 52:** Valor de l'accelerador en la prova amb el motor sense aletes

Es pot observar clarament com en la prova que s'ha realitzat amb la moto amb aletes hi ha més punts de la gràfica allunyats del valor màxim, cosa que significa que l'afluència de trànsit era major que en l'altre prova, que s'ha realitzat amb la moto sense aletes.

Aquest fet relativitza en certa forma la diferència en els resultats obtinguts. Per a eliminar, o reduir el màxim possible, aquest factor s'hauria d'haver realitzat una prova amb la moto amb aletes a mig matí, de la mateixa manera que s'ha fet amb la moto amb aletes.

Degut a la sincronització del projecte això no ha estat possible.

## 10.2. Controlador

El procediment a seguir per a realitzar els càlculs de calor per al controlador han estat similars als seguits per a fer els càlculs del motor.

L'evacuació principal de calor en el controlador es fa a través de la seva base, que és una placa plana d'alumini sobre el qual està fix. La diferència introduïda ha estat canviar aquesta placa plana per una placa amb aletes. Com les altres parets són de plàstic, i aquest tenen una conducció tèrmica molt baixa, s'ha considerat que l'evacuació de calor que es produeix per aquestes parets és negligible enfront de la transferència de calor que permet la base. D'aquesta forma les resistències que s'han calculat per aquesta base han estat:

- Sense aletes:

*Equació 5. Resistència del controlador sense aletes*

$$R_{total} = R_{conducció} + R_{convecció\ ext}$$

$$R_{total} = \frac{x_{sense\ aletes}}{\lambda_{planxa} \cdot S_{planxa}} + \frac{1}{h_{\infty} \cdot S_{planxa}}$$

- Amb aletes

*Equació 6. Resistència del controlador amb aletes*

$$R_{total} = R_{conducció} + R_{convecció\ ext}$$

$$R_{total} = \frac{x_{amb\ aletes}}{\lambda_{planxa} \cdot S_{planxa}} + \frac{1}{h_{\infty} \cdot (A_{pr} + A_{aletes} \cdot N_{aletes} \cdot \eta_{aletes})}$$



Per tal de realitzar els càlculs que es presenten a continuació amb certa lleugeresa s'han considerat un seguit de simplificacions. Aquestes han estat:

- S'ha agafat un coeficient de convecció extern mig per a tota la placa.
- S'ha considerat que l'aire que envolta el controlador resta en repòs, ja que no està exposat al flux extern d'aire.
- S'ha negligit l'efecte provocat per la resistència de contacte, ja que en comparació amb els altres termes de l'equació pràcticament no té pes.

S'ha agafat per a les variables els valors constants de:

- Àrea primària de les aletes:  $A_{pr} = 0,0084 \text{ m}^2$
- Superfície de la planxa:  $S_{planxa} = 0,012 \text{ m}^2$
- Àrea total de les aletes:  $A_{aletes} = 0,0528 \text{ m}^2$
- Gruix de la llanta:  $x_{sense aletes} = 10 \text{ mm}$ ,  $x_{amb aletes} = 15 \text{ mm}$
- Conductivitat tèrmica:  $\lambda_{planxa} = 209 \frac{\text{W}}{\text{K} \cdot \text{m}}$
- Nombre d'aletes:  $N_{aletes} = 10$
- Coeficient de convecció exterior:  $h_{\infty} = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$

Els resultats han estat els següents:

*Equació 7. Resultat resistència del controlador sense aletes*

$$R_{total \text{ sense aletes}} = 0,00169 + 3,5414 = 3,5431 \text{ K/W}$$

*Equació 8. Resultat resistència del controlador amb aletes*

$$R_{total \text{ amb aletes}} = 0,00598 + 0,18735 = 0,1933 \text{ K/W}$$

Com es pot observar la diferència principal s'ha donat en el segon terme de l'equació, el que pertany a la convecció. Es veu, per tant, una diferència clara en la facilitat per transferir calor per convecció amb l'ambient.

No ha estat possible comprovar els resultats teòrics exposats amb un cas pràctica ja que les aletes no han estat implantades en cap vehicle.

El principal motiu d'això és que, com s'ha pogut veure en les proves realitzades, el controlador queda sempre lluny del seu límit de funcionament tèrmic. Recordem que el controlador comença a baixar el seu rendiment a partir dels 75°C i en cap cas s'ha arribat a una temperatura superior als 60 graus Celsius.

A priori doncs, el controlador no necessita de la integració de cap solució, tot i que incorporar-hi un sistema d'aletes sempre evitarà l'augment de temperatures.

## Conclusions

L'objectiu principal d'aquest projecte ha estat clar: determinar si el controlador i el motor de la moto S02 fabricada per l'empresa Scutum presentaven problemes d'escalfament.

Les proves realitzades s'han centrat doncs en aquests dos components del vehicle. Però això no va evitar que, ja que s'havien de recollir dades, es monitoritzessin les dades d'altres components del vehicle, com la bateria.

Amb els tests realitzats al banc de proves no s'ha pogut extreure cap conclusió. Aquest banc no s'utilitza per a fer proves com tal, només s'usa per a fer una primera descàrrega completa del vehicle. És per això que les dades que s'han extret de fer aquest tipus de proves no ha estat d'utilitat per a extreure cap tipus de conclusió. És més, la majoria de les vegades que es realitzen aquestes descàrregues es refrigeren components del vehicle de manera artificial per tal de poder dur-la a terme sense que hi hagi incidències.

Ha estat en les proves realitzades en el recorregut de ciutat on s'han pogut extreure les primeres conclusions. En cap d'aquestes proves realitzades hi ha hagut problemes de temperatura en ningun dels components. Tots ells quedaven lluny d'acostar-se als seus límits de treball.

Cal recordar que aquestes proves s'han realitzat a l'hivern. Tot i aquest hivern ha estat molt suau la temperatura de l'ambient sempre és més calenta a l'estiu. Aquest factor disminueix la transferència de potència calorífica dels elements generadors de calor amb l'ambient. És per aquest motiu que es fa molt difícil poder extreure conclusions globals ja que les prediccions fetes per a l'estiu poden veure's desmentides a la pràctica.

A les proves d'alta intensitat realitzades en autopista s'han pogut detectar fallides d'algun dels components, com el motor o la bateria. En la majoria d'aquestes proves el motor ha arribat a temperatures que fregaven el seu límit tèrmic, mentre que la bateria ha arribat a superar aquests límits, fent que la moto s'aturés. Cal recordar però, que aquests resultats s'han obtingut quan se li ha donat un ús al vehicle per al qual no ha estat dissenyat. L'S02 és una moto exclusivament urbana.

El controlador per la seva part ha quedat fora de perill en tot moment. En cap tipus de prova s'ha apropat al seu límit.

És per això que les solucions proposades han prioritzat la implantació en el motor i no en el controlador. De fet, les solucions proposades per al controlador no són necessàries. Com a mínim a l'hivern. Per la part del motor s'ha pogut comprovar que,

tot i que les aletes han demostrat la seva eficàcia, els resultats obtinguts amb les millores incorporades no ha estat tant clar com es podria haver esperat.

Els resultats obtinguts han demostrat que l'efecte de les aletes en les proves realitzades ha estat mínim. De cara al futur caldria implantar el sistema d'aletes de forma diferent, per exemple soldant-les a la llanta en lloc de cargolar-les. Caldria també fer més proves, sobretot en època estival, ja que és quan el motor més patirà.

Així doncs es pot concloure que:

1. Si al vehicle se li dóna un ús urbà no hi ha cap component que pateixi de problemes de temperatures. Com a mínim no a l'hivern.
2. Si al vehicle se li dóna un ús interurbà el component més crític és la bateria, element que no s'ha estudiat en aquest treball.
3. La solució implantada en el motor, el sistema d'aletes, ha demostrat la seva eficàcia, tot i que n menor proporció del que cabria esperar. Cal canviar el sistema d'ancoratge d'aquestes i realitzar més proves.
4. El controlador no ha precisat de cap millora, tenint en compte que les proves han estat realitzades a l'hivern.

## Bibliografia

### Bibliografia complementària

#### Recursos web

- Híbridos y eléctricos [<http://www.hibridosyelectricos.com>]
- Motorpasión [<http://www.motorpasionfuturo.com>]
- Scutum Logistics [<http://www.scutum.es>]
- Ajuntament de Barcelona. Dades mobilitat. [<http://www41.bcn.cat/ca/ajuts-incentius/#compra>]
- Google Maps, Capa dels punts de recàrrega [[https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=z4xnlt9uT66s.kxkW7LH1hZ\\_w](https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=z4xnlt9uT66s.kxkW7LH1hZ_w)]
- Àrea Metropolitana de Barcelona. Dades de Mobilitat [<http://www.amb.cat>]
- Cegasa, Especificacions de les bateries [<http://www.cegasa.es>]
- Gencat, Dades mobilitat [[http://www.gencat.cat/mediamb/publicacions/Estudis/EDIS\\_sector\\_mobilitat.pdf](http://www.gencat.cat/mediamb/publicacions/Estudis/EDIS_sector_mobilitat.pdf)]
- Eurostat. Dades d'energia [<http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>]
- BBC, Cimera del COP21 [[http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151211\\_cumbre\\_clima\\_paris\\_cop21\\_acuerdo\\_az](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151211_cumbre_clima_paris_cop21_acuerdo_az)]
- Característiques del motor de Scutum [<http://www.proud-eagle.com/product.asp?plt=31&pone=5>]
- Propietats de materials [<https://www.cenam.mx/sm2010/info/carteles/sm2010-c29.pdf>],

[<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn110.html>],  
[[www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion\\_tablas\\_graficas\\_TC.pdf](http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf)]

- LEMev [[http:// www.lemev.com](http://www.lemev.com)]
- Govecs [<http://www.govecs.es/>]
- BMW, C Evolution [[http://www.bmw-motorrad.es/es/es/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.es/es/es/urban\\_mobility/C\\_evolution/cevolution\\_overview.html&notrack=1](http://www.bmw-motorrad.es/es/es/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.es/es/es/urban_mobility/C_evolution/cevolution_overview.html&notrack=1)]
- Motos Quazzar [<http://motosquazzar.com/>]
- Thermal Wizard [<http://www.thermal-wizard.com/tmwiz/convect/forced/fp-isot/fp-isot.htm>]

#### Llibres

- SIGALÉS I PUEYO, BARTOMEU, *Convecció sense canvi de fase*, Edicions de la UPC, 1990.